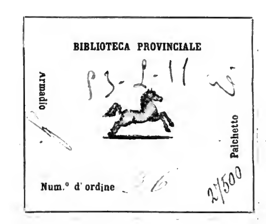



BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio
Palchetto
Num.° d' ordine

# RECUEIL DE RAPPORTS

SUR

# LES PROGRÈS DES LETTRES ET DES SCIENCES

EN FRANCE.



PARIS,

LIBRAIRIE DE L. HACHETTE ET Cie,

BOULEVARD SAINT-GERMAIN, N° 77

# RECUEIL DE RAPPORTS

SUR

LES PROGRÈS DES LETTRES ET DES SCIENCES

EN FRANCE.

# RAPPORT SUR LES PROGRÈS

DE

# LA BOTANIQUE PHYSIOLOGIQUE,

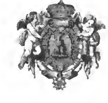
PAR

M. DUCHARTRE.

PUBLICATION FAITE SOUS LES AUSPICES

DU MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE.








PARIS.

IMPRIMÉ PAR AUTORISATION DE SON EXC. LE GARDE DES SCEAUX

A L'IMPRIMERIE IMPÉRIALE.

M DCCC LXVIII.

# RAPPORT SUR LES PROGRÈS

DE

# LA BOTANIQUE PHYSIOLOGIQUE.

L'histoire des sciences nous offre quelques époques signalées par un concours de circonstances qui en a fait des dates marquantes au milieu de la série des progrès dont le développement graduel de nos connaissances a été le résultat. On a vu alors, à côté de savants illustres qui touchaient au terme de leur carrière, des hommes jeunes céder en grand nombre à l'attrait des études scientifiques, et aborder ensemble le genre de travaux auquel ils devaient se consacrer désormais; par eux une génération, animée d'une ardeur juvénile, est venue poursuivre l'œuvre de la génération qui finissait; aux pierres que celle-ci avait posées elle a su en ajouter de nouvelles, et c'est ainsi que l'édifice de la science a continué de s'élever, grâce à des efforts successifs, mais, jusqu'à un certain point, discontinus, comme les assises dont il est formé.

La *Botanique*, et en particulier celle de ses branches qui, dans les plantes, voit avant tout des êtres organisés et vivants, ou la *Botanique physiologique*, a offert, il y a vingt-cinq années environ, l'une de ces venues de générations nouvelles dont on pourrait citer des exemples relatifs à d'autres sciences. C'est en effet à cette date que remontent les premiers travaux des savants qui aujourd'hui composent en majeure partie la section de botanique à l'Institut, ou qui occupent la plupart des chaires destinées à l'enseignement de cette partie de l'histoire naturelle dans nos facultés des sciences et de

médecine; c'est ce que doit montrer le relevé suivant, qui aura, par cela même, un point de départ justifié par les faits. Pendant cette période de vingt-cinq années, la botanique française a dignement conservé sa glorieuse tradition et s'est maintenue au niveau où l'avait élevée la génération précédente. Elle a dû ce résultat considérable, non-seulement à des hommes nouveaux qui, par des efforts de plus en plus heureux, ont notablement agrandi son domaine, mais encore à des savants éminents qui, déjà célèbres auparavant, ont su acquérir encore de nouveaux titres à l'estime puplique. Mais, par une triste compensation, cette même période a été marquée pour elle par des pertes douloureuses et d'autant plus regrettables que, si quelques-unes étaient amenées par le cours naturel des choses, un trop grand nombre ont eu pour cause des maladies aiguës ou même des accidents indépendants de l'âge et de l'affaiblissement qui succèdent trop souvent à une vie constamment laborieuse. Si, d'un côté, de Mirbel, Montagne, Aug. Saint-Hilaire, Delile, Dunal ont succombé lorsque leur âge avancé ou de longues années de souffrances ne permettaient pas de compter pour longtemps sur leur concours à l'œuvre commune, de l'autre, A. de Jussieu, A. Richard, Gaudichaud, Moquin-Tandon, Payer, ont été enlevés dans la force de l'âge et du talent, lorsque tout permettait d'espérer encore pour eux de longues années d'études et de travaux.

Ainsi les vingt-cinq dernières années forment pour la botanique physiologique une période nettement déterminée; le cadre du relevé qui va suivre se trouve ainsi tracé avec une précision satisfaisante. Voyons maintenant, par l'examen des détails, avec quel bonheur ce cadre a été rempli.

La *Botanique physiologique* examine les végétaux sous le rapport de leur organisation et des phénomènes de leur existence. Pour acquérir une idée complète de l'organisation végétale, elle étudie les organes des plantes d'abord en eux-mêmes, ensuite dans leur structure intime; ces deux ordres d'études constituent l'*Organogra-*

*phie* et l'*Anatomie végétale* ou *Phytotomie*, branches de la science entre lesquelles il existe un lien direct, et dont la dernière n'a pris son entier développement que depuis l'époque encore récente où le microscope, son auxiliaire indispensable, a reçu les immenses améliorations qui en ont considérablement augmenté la puissance et la précision. D'un autre côté, les organes des plantes, bien qu'ils se montrent presque toujours à nos yeux sous une forme, avec une manière d'être caractéristique et normale, dévient quelquefois de leur état habituel, sous l'influence de causes obscures ou même en général inconnues, et constituent alors ces monstruosités, souvent instructives, que les botanistes modernes relèvent et décrivent avec soin, et dont l'étude spéciale forme le domaine de la *Tératologie végétale*. Quant à l'histoire des phénomènes de la vie des plantes, c'est-à-dire à la *Physiologie végétale*, tantôt elle suit les organes des végétaux à partir de leur naissance jusqu'à leur entier développement, pour observer les phases successives par lesquelles ils passent, tantôt elle les considère tout formés et elle recherche les phénomènes variés dont ils sont le siége, soit que ces phénomènes dépendent de la vie propre de chacun d'eux, soit qu'ils combinent leurs effets en cet ensemble complexe qui constitue la vie de l'être entier; dans le premier cas, elle devient l'*Organogénie;* dans le second, elle reste la *Physiologie* proprement dite.

La division qui vient d'être indiquée comme étant universellement admise de nos jours trace la marche qui sera suivie, à deux changements près, dans l'exposé suivant, en vue d'y établir un ordre méthodique : en premier lieu se trouvera l'indication des travaux qui ont eu pour objet l'étude organographique des plantes, car il semble logique et, dans tous les cas, il est commode d'aborder ainsi la botanique physiologique; ensuite viendront les écrits qui traitent de l'anatomie végétale, parce qu'il est souvent difficile d'établir une ligne de démarcation entre ceux-ci et les premiers, parce que d'ailleurs la connaissance des organes se complète par celle des parties élémentaires ou des tissus dont ils sont composés.

Quelques pages suffiront pour ce qui a trait à la tératologie, cette partie de la science ne comprenant guère jusqu'à ce jour que des énumérations de faits ou des descriptions de formes, et n'ayant donné encore qu'un petit nombre de résultats généraux; pour ce motif, ce chapitre sera rejeté, de même que le suivant, à la fin de ce rapport. Au quatrième rang pourraient être placés les ouvrages relatifs à l'organogénie, qui touche à la fois à l'organographie et à la physiologie; en dernier lieu arriverait l'énumération de ceux qui sont essentiellement physiologiques, parmi lesquels plusieurs pourraient trouver une place presque aussi naturelle dans d'autres parties de cette grande publication, soit à cause des rapports intimes qui rattachent la physiologie végétale aux diverses branches de la culture, soit en raison des secours qu'elle-même emprunte aux sciences physiques. Toutefois il ne faut pas voir dans l'arrangement qui vient d'être indiqué un classement rigoureux, mais bien une disposition purement approximative, et qui dès lors pourra être légèrement altérée ici sans inconvénients sérieux : il existe, en effet, des points de contact nombreux entre les différentes subdivisions de la botanique physiologique; il est rare d'ailleurs que l'étude d'une plante, d'un organe ou d'un phénomène vital puisse être circonscrite dans un seul et unique ordre d'idées ou de faits; dès lors, les travaux qui présentent les résultats d'une pareille étude touchent presque toujours à différentes branches de la science, tout en rentrant plus particulièrement dans l'une d'elles.

# CHAPITRE PREMIER.

## ORGANOGRAPHIE.

Les travaux relatifs à l'étude de l'organisation végétale peuvent embrasser un champ plus ou moins étendu, et prennent dès lors des caractères très-différents, en raison même de la diversité de leur circonscription : 1° les uns, portant sur un groupe naturel tout entier, renferment un exposé général des diverses manières d'être avec lesquelles se présentent les organes des plantes qui composent ce groupe; mais, comme ils ne forment qu'une portion secondaire dans l'histoire descriptive d'une famille ou d'un genre, ils sont généralement peu développés et n'ont qu'une importance subordonnée, si on les considère au seul point de vue de l'organisation; 2° d'autres, ayant pour objet spécial l'examen approfondi d'une plante, peuvent en être regardés comme la monographie organographique, dans laquelle trouve aussi place le plus souvent l'exposé de la structure anatomique; 3° enfin les auteurs des derniers s'attachent exclusivement à l'étude d'un seul organe, et, si certains d'entre eux le suivent dans une portion plus ou moins étendue de la série végétale, beaucoup aussi ne l'examinent que dans un groupe déterminé ou même dans une seule espèce. Occupons-nous successivement de ces trois catégories d'études organographiques.

### ART. 1er. — ORGANOGRAPHIE D'UN GROUPE NATUREL.

Dans l'état actuel de la science et en raison du nombre immense des plantes découvertes depuis le commencement de ce siècle, les travaux qui avancent le plus la connaissance du règne végétal ne sont plus, comme par le passé, les ouvrages destinés à en embrasser l'ensemble, la rédaction, même très-sommaire, de pareilles œuvres étant devenue à peu près impossible; ce sont les études qui portent

sur un groupe considéré isolément, c'est-à-dire les monographies, soit d'une famille, soit même d'un genre ou d'une espèce. Pour que ces études soient complètes, il faut nécessairement qu'elles soient basées sur un examen attentif de tous les organes suivis dans le groupe dont on s'occupe au milieu des modifications que chacun d'eux peut y subir, et considérés, en dernière analyse, comme fournissant, par leurs diverses manières d'être, des caractères fondamentaux pour la classification. Aussi une étude organographique plus ou moins complète, accompagnée même fréquemment de recherches anatomiques, trouve-t-elle place en général dans les monographies, du moins dans celles qui ne font point partie de grands ouvrages purement descriptifs.

Plusieurs monographies de familles, publiées en France depuis vingt-cinq années, ont répandu de vives clartés sur les groupes naturels qui en étaient l'objet. Il n'y a pas lieu de s'en occuper ici, puisqu'elles rentrent essentiellement dans le domaine de la botanique descriptive; mais il importe d'y mentionner celles qui renferment, en outre, une étude organographique de ces mêmes groupes. Telles sont surtout : 1° la *monographie des Malpighiacées*[1], par A. de Jussieu, dans laquelle ce savant éminent, enlevé prématurément à la science, a joint à une histoire organographique de la famille qu'il examinait en détail une étude approfondie et riche en faits nouveaux des tiges, anormales pour la structure comme pour l'aspect extérieur, qui distinguent les lianes dans les régions chaudes du globe; 2° la *monographie des Urticées*[2], par M. Weddell, alors aide-naturaliste au Jardin des Plantes, travail considérable, dans lequel, au milieu de l'étude des organes, se trouve un paragraphe intéressant sur ce que l'auteur nomme *Cystolithes*, c'est-à-dire sur de singulières concrétions, habituelles chez les Urticées, qui prennent nais-

[1] Monographie des Malpighiacées, ou exposition des caractères de cette famille de plantes, des genres et espèces qui la composent, par A. de Jussieu. (*Arch. du Muséum*, III, 1843, p. 5-151, 255-616, 23 pl.) — [2] Monographie de la famille des Urticées, par M. H.-A. Weddell. (*Arch. du Muséum*, IX, 1856, p. 1-592, pl. 1-20.)

sance dans certaines cellules de l'épiderme des feuilles, et qui, formées de couches alternatives de cellulose et de carbonate de chaux, constituent de petits corps libres, suspendus chacun comme un lustre par un mince pédicule de cellulose pure; 3° la *monographie des Euphorbiacées*, par M. H. Baillon [1], aujourd'hui professeur d'histoire naturelle à la faculté de médecine de Paris, dans laquelle l'organographie occupe une large place et dont la partie descriptive est réduite aux genres; 4° la *monographie des Podostémacées* [2], par M. L.-R. Tulasne, membre de l'Académie des sciences de Paris, qui fait connaître l'organisation singulière et la structure fort simple de ces petites plantes aquatiques, aussi bien que les genres et espèces qu'elles forment; 5° la *monographie des Bignoniacées* [3], par M. le Dr Éd. Bureau, dont la seule partie publiée jusqu'à ce jour est principalement consacrée à l'organographie et à l'organogénie de la famille, et où l'on trouve aussi des détails circonstanciés sur l'anatomie de ces végétaux, en particulier sur la tige de ceux qui prennent le port de véritables lianes (antérieurement le même botaniste avait publié une étude monographique de la famille des Loganiacées [4], mais les détails purement organographiques y tenaient peu de place); 6° citons encore un mémoire de M. Barnéoud, botaniste de mérite, qui, après avoir publié plusieurs travaux recommandables, s'est détourné, jeune encore, de la voie scientifique dans laquelle il s'était fait déjà remarquer; ce mémoire, relatif surtout au développement et à l'organographie de la famille des

[1] Étude générale du groupe des Euphorbiacées, par M. H. Baillon; gr. in-8° de 684 pages, avec un atlas de 27 planches et 52 pages, Paris, 1858.

[2] Podostemacearum monographia, auctore L.-R. Tulasne. (*Archiv. du Muséum*, VI, 1862, p. 1-208, pl. 1-13.)

[3] Monographie des Bignoniacées, ou histoire générale et particulière des plantes qui composent cet ordre naturel, par M. Édouard Bureau; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4° de 214 pages et 24 planches, Paris, 1864 (publié à part en in-4° de 214 pages avec atlas de 30 planches et 5 pages.)

[4] De la famille des Loganiacées et des plantes qu'elle fournit à la médecine, par M. Éd. Bureau; thèse pour le doctorat en médecine, in-4° de 147 pages avec fig. intercal. Paris, 1856.

Plantaginées[1], forme comme la première partie de la monographie synoptique de ce groupe naturel, que le même auteur a publiée une année plus tard; 7° enfin mentionnons la monographie générique des Verbénacées[2], par M. Bocquillon, dont la première partie renferme quelques détails organographiques et un certain nombre d'exposés organogéniques.

#### Art. 2. — Organographie d'une espèce ou d'un genre.

L'examen attentif des organes d'une espèce ou d'un genre, de leur disposition relative, de l'ordre d'après lequel ils sont produits l'un après l'autre, a fourni à divers botanistes, dans ces derniers temps, les éléments de travaux aussi intéressants qu'instructifs, qui ont beaucoup élargi le cercle de nos connaissances sur la végétation considérée à différents points de vue. En Allemagne, des travaux de ce genre, quoique presque limités aux parties souterraines des plantes, ont fait une réputation bien méritée à M. Thilo Irmisch, qui s'y est attaché comme à une spécialité. En France, aucun botaniste n'y a cherché la matière d'écrits aussi nombreux; néanmoins quelques-uns en ont fait le sujet de mémoires, parmi lesquels plusieurs offrent un utile mélange d'anatomie et même de physiologie.

Au premier rang se place parmi nos organographes un savant distingué que la science a perdu récemment, qui, né Suisse, était devenu Français par son séjour dans notre pays depuis son adolescence, par les fonctions qu'il y avait remplies, par les liens d'affection qui l'y avaient attaché; M. J. Gay avait consacré la plus grande partie d'une longue et laborieuse existence à des recherches organographiques et descriptives; malheureusement, s'il était passionné

[1] Recherches sur le développement, la structure générale et la classification des Plantaginées et des Plumbaginées, par M. Marius Barnéoud; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4° de 32 pages et 2 planches lith. Paris, 1844.

[2] Revue du groupe des Verbénacées, par M. H. Bocquillon, publiée dans l'*Adansonia*, vol. II, 1862, p. 81-165, pl. 3-6; vol. III, 1863, p. 177-204, pl. 8-9; la première partie tirée à part comme thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4° de 87 pages et 5 planches. Paris, 1862.

pour l'observation, il éprouvait une telle répugnance à publier ce qu'il avait observé qu'à peine peut-on citer de lui, comme rentrant dans les limites de cet exposé, un écrit peu étendu sur la végétation des Fraisiers[1], et deux courtes notes du même ordre, l'une sur le Chêne[2], l'autre sur un Potamot[3]. Les trop rares mémoires descriptifs de ce savant ne doivent pas être mentionnés ici, en raison de leur objet spécial; ils renferment néanmoins à peu près tous des faits bien observés relativement à l'organographie des plantes qui en forment le sujet.

Quelques plantes aquatiques, remarquables soit par les phénomènes qu'elles présentent, soit par leurs caractères, ont été pour plusieurs botanistes français le sujet d'études approfondies. La plus célèbre de ces plantes est la Vallisnérie (*Vallisneria spiralis* L.), qui croît dans les eaux de notre Midi, surtout dans le canal du Languedoc, où elle abonde au point d'entraver la navigation. Tout le monde connaît les beaux vers dans lesquels Delille et surtout Castel ont dépeint la fécondation de cette plante, dont les très-petites fleurs mâles, d'abord réunies en grand nombre, sur une très-courte hampe, deviennent enfin libres par la rupture de leur pédicule et vont flotter librement sur l'eau, tandis que les fleurs femelles, solitaires à l'extrémité d'une longue hampe spirale, viennent à la surface du liquide recevoir l'influence du pollen, après quoi le fruit va mûrir au fond de l'eau où l'entraîne le resserrement des tours de son support. M. Chatin, professeur à l'École supérieure de pharmacie, a suivi cette merveilleuse plante dans tous les détails de son histoire et a consigné les résultats de ses recherches attentives dans un mémoire spécial[4],

[1] Recherches sur les caractères de la végétation du Fraisier et sur la distribution géographique de ses espèces, etc. par J. Gay. (*Ann. des sciences natur.* 4ᵉ série. VIII, 1857, p. 185-208.) — Note sur les caractères de la végétation des Fraisiers. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, V, 1858, p. 277-280.)

[2] Note sur la végétation, l'inflorescence et la structure florale du Chêne, par J. Gay. (*Bull. de la Soc. bot. de Fr.* IV, 1857, p. 501-508.)

[3] Note sur les caractères essentiels du *Potamogeton trichoides* Cham. (*Bull. de la Soc. bot. de Fr.* I, 1854, p. 46-48.)

[4] Mémoire sur le *Vallisneria spiralis* L.

dont de nombreuses figures augmentent encore l'intérêt. Ici, comme on le voit, l'étude organographique s'unit à tout ce qui peut compléter la connaissance du sujet, surtout à l'examen anatomique. Il en est de même de deux autres travaux qui ont éclairé d'une vive lumière l'organisation de deux plantes aquatiques imparfaitement connues jusqu'alors. L'un est dû à M. Prillieux, jeune botaniste dont les écrits publiés jusqu'à ce jour révèlent autant d'exactitude dans l'observation que de finesse dans les aperçus; il a pour objet l'*Althenia filiformis*[1], plante fort rare que Petit découvrit, en 1829, dans l'eau salée d'un étang de la Camargue, et qui n'avait guère été observée depuis cette époque; l'autre[2] a pour auteur le Dr Ed. Bornet, cryptogamiste habile, collaborateur de M. Thuret dans ces dernières années; il fait connaître en détail l'organographie et l'anatomie d'une plante qui vit au fond de la Méditerranée, et qui, découverte et décrite à la fin du siècle dernier par l'Italien Cavolini, sous le nom de *Phucagrostis major*, a figuré ensuite dans la plupart des ouvrages descriptifs sous le nom de *Zostera mediterranea* D. C. et surtout sous celui de *Cymodocea æquorea* Kœnig. Signalée jadis par de Candolle comme se trouvant dans la mer vis-à-vis de Montpellier, cette espèce n'a été retrouvée le long de nos côtes que le 24 décembre 1859, par M. le Dr Thion, le long de la presqu'île de la Croisette, près de Cannes; elle paraît être abondante dans les parages de Cannes et d'Antibes. Le mémoire dont elle a fourni le sujet à M. Bornet est un travail important, qui se recommande à la fois par le texte et par les figures, extrêmement nombreuses et très-bien exécutées d'après les dessins de l'auteur, qui en représentent toute l'histoire organographique et anatomique. Une autre Zostéra-

considéré dans son organographie, sa végétation, son anatomie, sa tératologie et sa physiologie, par M. Chatin; in-4° de 31 pages et 5 planches grav. Paris, 1855.

[1] Recherches sur la végétation et la structure de l'*Althenia filiformis* Petit, par M. Ed. Prillieux. (*Annal. des sc. nat.* 5e sér. II, 1864, p. 169-190, pl. 15-16.)

[2] Recherches sur le *Phucagrostis major* Cavol. par M. Ed. Bornet. (*Bull. de la Soc. bot. de Fr.* VIII, 1861, p. 456-460; *Ann. des sc. natur.* 5e série, I, 1864, p. 5-51, pl. 1-11.)

cée, dont la fleur et le fruit étaient assez imparfaitement connus, quoiqu'elle abonde dans la Méditerranée, le long de nos côtes, le *Posidonia Caulini* Kœnig, a été étudiée aussi organographiquement par M. Grenier, professeur à la Faculté des sciences de Besançon[1], mais surtout en vue d'en reconnaître les caractères génériques et spécifiques, tandis que M. Germain de Saint-Pierre[2], d'un côté, MM. Brongniart et Arthur Gris[3], de l'autre, ont complété l'histoire de ses organes et de sa végétation. Citons encore, pour terminer cette série de plantes aquatiques, les *Callitriche* de nos eaux douces, dont M. le Dr E. Lebel, de Valognes, a dépeint avec soin la végétation dans un travail qui a pour objet principal d'en décrire les espèces[4].

Ce dernier botaniste a porté aussi son attention sur les Cuscutes, plantes parasites qui, peu de temps après que leurs graines ont germé dans le sol, commencent à végéter sans racines, exclusivement aux dépens de végétaux divers auxquels leur tige longue et grêle s'attache au moyen de suçoirs, affamant les supports qui deviennent ainsi leurs victimes au point d'en déterminer bientôt le dépérissement et la mort; mais c'est uniquement de la fleur, du fruit et de la graine de ces parasites qu'il a exposé en détail l'organisation[5]. Plus complète et plus approfondie est l'étude faite par M. Weddell[6] du *Cynomorium coccineum* L. parasite assez singulier

[1] Recherches sur le *Posidonia Caulini* Kœnig, par M. Grenier. (*Bull. de la Soc. bot. de Fr.* VII, 1860, p. 362-366, 419-426, 448-452.)

[2] Sur la germination et le mode de développement du *Posidonia Caulini*, par M. Germain de Saint Pierre. (*Bull. de la Soc. bot. de Fr.* IV, 1857, p. 575-577.) — Nouvelles observations sur le *Posidonia Caulini*, par le même. (*Ibid.* VII, 1860, p. 474-479.)

[3] Observations sur l'ovule et la graine du *Posidonia Caulini*, par MM. Ad. Brongniart et A. Gris. (*Bull. de la Soc. bot. de Fr.* VII, 1860, p. 472-474.)

[4] *Callitriche*, esquisse monographique, par le Dr E. Lebel. (*Mém. de la Soc. imp. des sc. natur. de Cherbourg*, IX, 1863, p. 129-177.)

[5] Sur la morphologie et l'anatomie des Cuscutes, par M. E. Lebel. (*Bull. de la Soc. bot. de Fr.* XII, 1865, p. 212-217.)

[6] Mémoire sur le *Cynomorium coccineum*, parasite de l'ordre des Balanophorées, par M. H.-A. Weddell. (*Arch. du Mus.* X, 1860, p. 269-308, pl. 24-27.) —

d'aspect pour que, jusqu'à Micheli, on l'ait regardé comme un Champignon que son action hémostatique prononcée faisait rechercher avec soin. Cette plante remarquable, propre aux parties chaudes de la région méditerranéenne et qui, vers le nord, ne dépasse pas Livourne, en Italie, avait paru d'abord à ce botaniste [1] posséder, ainsi que toutes celles de la famille des Balanophorées dont elle fait partie, une organisation fort simple et exceptionnelle dans son organe reproducteur femelle; mais cette idée a été rectifiée par des observations ultérieures, notamment par celles dont les résultats sont exposés dans son mémoire où sont étudiées dans leur ensemble l'organographie et l'anatomie du *Cynomorium*. Mentionnons ici une note de M. Germain de Saint-Pierre [2] sur une rare Orchidée européenne, le *Corallorhiza innata* R. Br. plante exceptionnelle en ce qu'elle est dépourvue à la fois de racines et de suçoirs, et que néanmoins ce botaniste est très-porté à regarder comme parasite, bien que, dès 1853, l'examen attentif qu'en avait fait M. Thilo Irmisch eût conduit cet habile organographe allemand à une conclusion contraire.

La dernière plante qui ait été l'objet d'études organographiques assez suivies pour mériter d'être citées dans ce relevé est la Ficaire (*Ficaria ranunculoides* Mœnch, *Ranunculus Ficaria* L.), plante triviale de nos pays et remarquée surtout à cause de ses tubercules fasciculés, ainsi que de sa stérilité presque habituelle. A une quinzaine d'années d'intervalle, elle a fixé l'attention de M. D. Clos [3], professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, et de M. Van Tieg-

Voyez aussi: Sur le mode de parasitisme du *Cynomorium coccineum*, par le même. (*Bull. de la Soc. bot. de Fr.* IV, 1857. p. 513-515.) Sur les fleurs femelles du *Cynomorium coccineum*, par le même. (*Ibid.* p. 795-797.)

[1] Considérations sur l'organe reproducteur femelle des Balanophorées et des Rafflésiacées, par M. H.-A. WEDDELL. (*Ann. des sc. natur.* 3e série, XIV, 1850, p. 166-187, pl. 8-11.)

[2] Sur le mode de végétation du *Corallorhiza innata*, par M. GERMAIN DE SAINT-PIERRE. (*Bull. de la Soc. bot. de Fr.* IV, 1857, p. 766-768.)

[3] Organographie de la Ficaire, par M. D. CLOS. (*Ann. des sc. nat.* 3e série, XVII, 1852, p. 129-142.)

hem [1], chargé des conférences de botanique à l'École normale supérieure. Toutefois des opinions assez divergentes sont exprimées par ces deux auteurs relativement à différents points de l'organisation de cette plante; le dernier de ces deux savants a jeté du jour sur certaines particularités qui semblaient bizarres parce qu'elles étaient inexpliquées, comme lorsqu'il a établi que la stérilité est constante par manque de pollen dans les anthères; sur les pieds qui portent des tubercules axillaires, tandis qu'on trouve habituellement des graines fécondes sur ceux qui sont dépourvus de ces tubercules; en outre, il a montré que tous les tubercules de la Ficaire sont identiques d'organisation, composés d'un bourgeon et d'une grosse racine née de celui-ci, analogues dès lors à ceux des Orchidées de nos pays.

### Art. 3. — Organographie d'un organe.

C'est le plus ordinairement à l'étude organographique d'un organe considéré isolément que s'attachent les botanistes; le but de leurs travaux est alors plus nettement déterminé et par cela même plus facile à atteindre; aussi les mémoires de cet ordre abondent-ils dans la science. Pour en rendre l'énumération plus méthodique, il sera bon de diviser cet article en plusieurs paragraphes correspondant chacun à une nature d'organes.

#### § 1. Organes souterrains : racines et rhizomes.

Le plus important des organes situés d'ordinaire dans la profondeur du sol est la racine, qui a la fonction spéciale d'absorber les matières dont doit se nourrir la plante, et qui, pour ce motif, existe plus constamment que les autres diverses parties du végétal. Parmi les études organographiques dont elle a été l'objet de la part de botanistes français, dans le cours de ces dernières années, les unes ont conduit à la découverte de lois générales,

[1] Observations sur la Ficaire, par M. Van Tieghem. (*Annales des sciences naturelles*, 5e série, V. 1866, p. 88-110, pl. 10.)

tandis que les autres ont fait connaître des faits intéressants de divers ordres.

Dans les premières se rangent deux mémoires de M. Clos[1]. Jusqu'à la publication de ces travaux on admettait que les radicelles naissaient sans ordre sur le corps de la racine, et on regardait comme des cas ou isolés ou exceptionnels ceux dans lesquels on les avait vues rangées régulièrement par séries longitudinales. M. Clos a montré par de nombreuses observations que ces cas tenus jusqu'alors pour isolés se rattachent, au contraire, à une loi générale d'après laquelle les radicelles se montrent constamment disposées par rangées longitudinales en nombre fixe pour chaque espèce ou pour chaque genre ou même pour des familles tout entières, mais variable d'une espèce à l'autre, plus ordinairement d'un genre ou d'une famille à l'autre. Il a nommé *Rhizotaxie* cet arrangement régulier des radicelles, par analogie avec le nom de *Phyllotaxie* sous lequel on désigne la distribution des feuilles sur la tige.

Comme fait particulier de l'histoire des racines, on peut citer la singulière modification qu'a observée et décrite récemment, sur des *Jussiæa* aquatiques, M. Ch. Martins[2], professeur d'histoire naturelle à la Faculté de médecine de Montpellier. Dans ces plantes, tandis que certaines racines conservent leur état normal, d'autres développent considérablement leur tissu cellulaire et deviennent ainsi des corps épais, oblongs ou cylindriques, spongieux et d'une extrême légèreté, qui soutiennent dans l'eau la tige de ces plantes, de même que la vessie natatoire soutient dans ce liquide le corps

[1] Ébauche de la rhizotaxie, par M. D. Clos; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4° de 72 pages, Paris, 1848. — Deuxième mémoire sur la rhizotaxie, par le même. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, XVIII, 1852, p. 321-355.)

[2] Mémoire sur les racines aérifères ou vessies natatoires des espèces aquatiques du genre *Jussiæa, etc.* par M. Ch. Martins. (*Bulletin de la Société botanique de France*, XIII, 1865, p. 169-182; *Mémoires de l'Académie des sciences de Montpellier*, VI, 1866, p. 353-385, avec 4 planches; tirage à part en broch. in-4° de 32 pages.)

des poissons. C'est là un curieux exemple de l'adaptation d'un organe à une fonction spéciale.

On peut mentionner ici, avec autant de raison que dans les chapitres relatifs à l'anatomie et à la physiologie végétales, quelques travaux relatifs au parasitisme de certains végétaux qu'on n'avait pas soupçonnés jusqu'alors pouvoir vivre autrement que par eux-mêmes, parce qu'ils possèdent la couleur verte qui manque à la généralité des parasites sur racines. La découverte du parasitisme de ces végétaux a eu pour point de départ une observation faite en Angleterre et publiée, en mars 1847, dans le *Journal of Botany*, par M. Mitten, qui avait vu sur certaines racines du *Thesium linophyllum* des suçoirs en forme de petits tubercules dont la face attachée à la plante nourricière implantait dans les tissus de celle-ci une proéminence centrale conique. Deux mois seulement après la publication de cette découverte, un savant allemand, Kunze, signala la présence de suçoirs analogues sur plusieurs *Thesium* et sur d'autres genres de la même famille des Santalacées; il présuma même pour l'*Osyris alba* le parasitisme qu'ont démontré plus tard les recherches directes de M. J.-E. Planchon[1].

Au mois de juillet de la même année, une découverte semblable fut faite par M. Decaisne, le savant professeur de culture du Jardin des Plantes de Paris, sur différents genres de Rhinanthacées (*Melampyrum*, *Odontites*, *Alectorolophus*, *etc.*)[2], dans lesquels personne n'avait soupçonné ni cette particularité d'organisation ni ce mode de nutrition. Outre l'existence de suçoirs sur les racines des Rhinanthacées, ce botaniste reconnut que ces plantes manquaient de rayons médullaires, et, rattachant cette absence de rayons à celle que M. Duchartre et M. Brongniart avaient également reconnue dans d'autres parasites, il crut pouvoir en conclure une relation

[1] Sur le parasitisme de l'*Osyris alba*, par M. J.-E. Planchon. (*Comptes rendus*, XLVII, 1858, p. 164-165.)

[2] Sur le parasitisme des Rhinanthacées, par M. J. Decaisne. (*Comptes rendus*, XXV, 1847, p. 55-58; *Annales des sciences naturelles*, 3e série, VIII, 1847, p. 5-9.)

générale entre cette particularité de structure anatomique et le parasitisme; mais plus récemment M. Chatin a prouvé[1] que cette relation n'est pas nécessaire, et qu'il existe des parasites pourvus de rayons médullaires tout comme il est des plantes non parasites dans la tige desquelles manquent ces lames parenchymateuses.

Outre les racines, beaucoup de plantes herbacées possèdent des tiges en général souterraines, qui en ont plus ou moins l'apparence, au point d'avoir été souvent prises pour telles, et qu'on a nommées *Rhizomes*, afin de rappeler cette ressemblance. D'un autre côté, il existe des productions souterraines plus complexes, qui réunissent une portion de nature caulinaire plus ou moins développée, ou tout au moins un bourgeon, à une racine plus ou moins caractérisée. Ces diverses sortes de formations ont fourni, dans quelques espèces de plantes, la matière d'écrits spéciaux.

Quant aux Rhizomes, M. Chatin[2], les examinant au point de vue de leur nature organographique et surtout anatomique, s'est attaché à montrer que, s'il est impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, de les prendre pour des racines, on ne peut non plus les assimiler entièrement aux tiges ordinaires ou aériennes, dont ils diffèrent notablement à quelques égards. Examinant en particulier celui qui, d'après M. Decaisne et d'autres botanistes, constitue le très-long tubercule en massue et dirigé de haut en bas, dans l'Igname de Chine (*Dioscorea Batatas* Decne), M. Germain de Saint-Pierre[3] s'est attaché à en démontrer la formation annuelle, mais en exprimant l'idée que c'est une racine et non un rhizome. Le même botaniste a cru voir également[4] une racine dans le ren-

[1] Note sur le parasitisme des Rhinanthacées, par M. Chatin. (*Bulletin de la Société botanique de France*, III, 1856, p. 14-18.)

[2] Sur les caractères anatomiques des racines, par M. Chatin. (*Bull. de la Société botanique de France*, V, 1858, p. 39-44.)

[3] Étude du mode de végétation du *Dioscorea Batatas* Decne, par M. Germain de Saint-Pierre. (*Bulletin de la Société botanique de France*, III, 1856, p. 108-113.)

[4] Structure et mode de développement de la souche bulbiforme du *Corydalis*

flement souterrain en forme de bulbe qu'on observe chez le *Corydalis cava*, et cela contrairement à ce qu'avait soutenu M. Michalet[1], qui, adoptant en cela l'opinion de Bischoff, avait cherché à établir que cette production appartient au système ascendant et constitue ainsi un rhizome bulbiforme.

Parmi les formations souterraines de nature complexe, celle qui, dans ces dernières années, a le plus attiré l'attention des botanistes français, constitue, chez nos Orchidées indigènes et leurs analogues, c'est-à-dire chez les Ophrydées, des tubercules ovoïdes, plus rarement palmés, au nombre de deux pour chaque pied, qui reproduisent ces plantes et qui, par exemple au moment de la floraison, diffèrent entre eux en ce que, l'un des deux étant épuisé et tout ridé, parce qu'il a produit et nourri l'individu qu'on observe, l'autre se montre frais et renflé, comme devant produire l'individu de l'année suivante. Longtemps on a regardé ces tubercules comme formés par une racine tuméfiée ou même par plusieurs racines renflées et confondues en une seule masse; mais, une observation attentive ayant fait reconnaître que chacun d'eux est surmonté d'un bourgeon, on a vu par cela même que leur nature est plus complexe qu'on ne l'avait pensé d'abord, et on s'est demandé comment on devait considérer le corps renflé, qui, abstraction faite de ce bourgeon, en compose essentiellement la masse. C'est principalement devant la Société botanique de France que cette question a été agitée. M. Germain de Saint-Pierre[2] a émis l'idée que chaque tubercule d'Ophrydée provient d'un bourgeon qui naît à l'aisselle d'une feuille, dont, en grossissant, il distend et perce la base; ce bourgeon s'allongerait dans un sens plus ou moins descendant et se montrerait bientôt creusé,

*cava*, par M. Germain de Saint-Pierre. (*Bulletin de la Société botanique de France*, VII, 1860, p. 590-594.)

[1] Sur le développement et la végétation des *Corydalis solida* et *cava*, par M. Michalet. (*Bulletin de la Société botanique de France*, VI, 1859, p. 804-809.)

[2] Recherches sur la nature du faux bulbe des Ophrydées ou ophrydo-bulbe, par M. Germain de Saint-Pierre. (*Bull. de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 657-662.)

dans ses deux tiers supérieurs, d'une dilatation en sac ou en éperon formée par la base de ses premières feuilles. Quant au tiers inférieur du jeune tubercule, il le dit composé de la partie terminale du bourgeon consistant en plusieurs feuilles emboîtées, et il ajoute que cette même partie émet inférieurement une masse radiculaire soudée à l'éperon qu'elle continue à distendre à mesure qu'elle-même prend plus de volume. L'idée de ce sac ou éperon foliaire n'a été admise par aucun autre auteur. M. J.-H. Fabre, observateur habile, professeur au lycée d'Avignon, dans deux mémoires successifs[1], s'est attaché à démontrer que les tubercules des Ophrydées sont tout entiers de nature caulinaire, sans intervention de racines dans leur formation. « C'est, dit-il, la portion supérieure et renflée excentriquement du second entre-nœud d'un rameau dont le bourgeon terminal et unique reste stationnaire jusqu'à la parfaite maturité du tubercule. » Cette manière de voir est assez analogue à celle que M. Schleiden avait exposée en Allemagne. — Enfin une autre opinion sur ces mêmes tubercules avait été publiée en Allemagne par M. Thilo Irmisch, d'abord, en 1850, dans un ouvrage général sur les bulbes et tubercules des végétaux monocotylédones, ensuite, en 1853, dans un mémoire spécial sur la biologie et la morphologie des Orchidées ; elle consiste à y voir une racine adventive (ou peut-être, dans beaucoup de cas, un faisceau de racines adventives soudées entre elles dès l'origine) fortement épaissie, née de très-bonne heure de l'axe d'un bourgeon, qui lui-même a pris naissance à l'aisselle d'une feuille située au bas de la plante précédemment existante. C'est à cette opinion que se sont rangés M. Caruel[2], savant botaniste français établi à Florence, surtout M. Ed.

[1] Recherches sur les tubercules de l'*Himantoglossum hircinum*, par M. J.-H. Fabre; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4° de 39 pages et 2 planches, Paris, 1855; et *Annales des sciences naturelles*, 4e série, III, 1855, p. 253-291, pl. 12-13. — De la germination des Ophrydées et de la nature de leurs tubercules, par le même. (*Ann. des sciences naturelles*, 4e série, V, 1856, p. 162-186, pl. 11.)

[2] De la nature et du mode de formation des racines tubéreuses des Orchidées, par M. T. Caruel. (*Bull. de la Société botanique de France*, III, 1856, p. 162-165.)

Prillieux[1], qui, depuis plusieurs années, a fait des plantes de la vaste famille des Orchidées considérée toute entière l'objet d'études suivies, organographiques et anatomiques, dont les résultats sont malheureusement encore inédits en partie. Ce dernier botaniste semble avoir complété la démonstration. En outre, la science lui doit plusieurs autres travaux d'un grand intérêt sur divers points de l'histoire et de l'anatomie de la même famille : 1° sur le bulbe singulier du *Codonorchis Lessonii*[2], de l'Amérique du Sud, qui n'est que l'extrémité renflée d'un rameau axillaire, portant, sous une pellicule externe, deux feuilles charnues et inégales; 2° sur la végétation et la structure du *Neottia Nidus-avis*[3], singulière Orchidée de nos bois, que plusieurs botanistes ont présumé devoir être parasite, parce qu'elle manque de couleur verte et de feuilles normales, mais sur laquelle ni Bowman, ni M. Irmisch, ni M. Prillieux lui-même n'ont pu reconnaître un seul fait qui vînt à l'appui de cette conjecture; 3° sur la germination de deux Orchidées exotiques, l'*Angrecum maculatum*[4] et le *Miltonia spectabilis*, dont ce botaniste a suivi pas à pas le curieux développement jusqu'à la formation de leur pseudobulbe; 4° enfin sur la végétation et l'anatomie de la tige des Orchidées, considérée dans l'ensemble de ce grand et beau groupe naturel[5].

[1] Nature, organisation et structure anatomique du bulbe des Ophrydées, par M. Ed. Prillieux. (*Comptes rendus*, LXII, 1866, p. 289-291; *Ann. des sciences naturelles*, 5e série, IV, 1865, p. 265-289, pl. 14-16.)

[2] Sur la structure du bulbe d'une Orchidée exotique de la tribu des Aréthusées (*Codonorchis Lessonii*), par le même. (*Bulletin de la Société botanique de France*, XII, 1865, p. 162-164.)

[3] De la structure anatomique et du mode de végétation du *Neottia Nidus-avis*, par le même. (*Annales des sciences naturelles*, V, 1856, p. 267-282, pl. 17-18.)

[4] Observations sur la germination et le développement d'une Orchidée (*Angrecum maculatum*), par MM. Ed. Prillieux et A. Rivière. (*Ann. des sciences naturelles*, 4e série, V, 1856, p. 119-136, pl. 5-7; extrait sur la germination dans le *Bull. de la Soc. botanique de France*, III, 1856, p. 28-30.) — Observations sur la germination du *Miltonia spectabilis* et de diverses autres Orchidées, par M. Ed. Prillieux. (*Ann. des sciences naturelles*, 4e série, XIII, 1860, p. 288-296, pl. 14.)

[5] Végétation et structure anatomique des tiges des Orchidées, par M. Ed. Prillieux. (*Comptes rendus*, LXII, 1866, p. 625-627.)

Ce sont encore des formations complexes, même à un haut degré, que les bulbes ou oignons qui servent à la multiplication d'un grand nombre de Monocotylédones; on y voit en effet une tige généralement fort raccourcie, qui sert de base commune à tout ce système d'organes, et qu'on nomme vulgairement le plateau de la bulbe; en dessous et surtout vers son pourtour, cette tige émet inférieurement les racines qui doivent nourrir la plante, tandis que sa partie supérieure, relevée en cône, porte des bases de feuilles épaisses et charnues, et, tantôt à son extrémité, tantôt un peu latéralement, un bourgeon qui devra plus tard se développer en tige florifère. A ce plan général d'organisation se rattachent des modifications diverses, qui ont été examinées par plusieurs botanistes et qui ont donné lieu à la publication de différentes notes relatives au Colchique, aux Tulipes, à divers *Allium*, *etc.* insérées dans le Bulletin de la Société botanique de France, dont les auteurs sont MM. Germain de Saint-Pierre, Fabre, Lagrèze-Fossat, etc.

Terminons cette énumération, qui ne pourrait devenir complète sans prendre beaucoup d'extension, en mentionnant un mémoire dans lequel M. Clos s'est proposé, sinon de lever, du moins de tourner une grave difficulté organographique. Dans la presque totalité des plantes dicotylédones, le développement de l'embryon donne naissance à une racine durable et à une tige. Ces deux parties essentiellement constitutives de la charpente du végétal ou de son axe se réunissent nécessairement base à base pour composer un tout continu. Leur plan d'union, dont on conçoit l'existence comme nécessaire, a été depuis longtemps appelé *Collet*. On lui a même attribué une importance majeure que Lamarck a voulu exprimer en le qualifiant de nœud vital par excellence. Toutefois rien n'offre plus de difficultés que la détermination précise de ce collet, regardé, avec assez d'exagération, comme si essentiel; aussi les botanistes ont-ils cru le trouver à des points divers de l'espace situé entre les deux niveaux où la racine d'un côté, la tige de l'autre, se montrent nettement caractérisées. Pour remédier à cet

inconvénient, M. Clos[1] regarde comme constituant le collet, non plus le simple plan d'union de la racine et de la tige, mais bien toute la portion de l'axe comprise entre le niveau où naissent les premières radicelles et celui où s'attachent les cotylédons. A cette occasion, il examine les tubercules les plus connus pour en distinguer huit sortes différentes, selon la portion de l'axe qui les forme et selon l'étendue de cet axe qu'ils comprennent.

§ 2. Tige et bourgeons.

Les botanistes étudient la tige et ses ramifications à différents points de vue, parmi lesquels l'un des moins importants est précisément celui de son organographie; aussi n'y a-t-il qu'un petit nombre de travaux qui puissent être regardés comme se rattachant à cet ordre de considérations. Citons-en comme exemples d'abord deux mémoires de M. Clos : l'un sur les rameaux devenus foliacés par l'effet de leur aplatissement[2], et auxquels, après M. de Martius et Kunth, il donne le nom de *Cladodes*, organes évidemment destinés à remplacer les feuilles qui restent rudimentaires là où ils existent; l'autre sur le coussinet et les nœuds vitaux[3], dont l'objet essentiel est de faire distinguer les coussinets des nœuds vitaux, de montrer que les uns comme les autres manquent aux racines, et que les premiers prennent leur plus grand développement dans les plantes complétement aphylles ou n'ayant que des feuilles rudimentaires, par exemple dans les Cactées, dont ils constituent les forts mamelons superficiels, tantôt armés d'aiguillons (*Mamillaria*), tantôt inermes (*Echinopsis*, *Echinocactus*, et aussi *Stapelia*, Euphorbes charnues), ou bien dont ils forment les côtes par

[1] Du collet dans les plantes et de la nature de quelques tubercules, par M. D. Clos. (*Ann. des sciences naturelles*, 3e sér. XIII, 1850, p. 5-20.)

[2] Cladodes et axes ailés, par M. D. Clos. (*Mémoires de l'Académie des sciences de Toulouse*, 5e série, V, 1861, p. 71-102.)

[3] Du coussinet et des nœuds vitaux, spécialement dans les Cactées, par M. D. Clos. (*Mémoires de l'Académie des sciences de Toulouse*, 5e sér. IV, 1860, p. 324-340.)

leur confluence. — Mentionnons encore une note[1] dans laquelle M. Grenier s'attache à démontrer par divers exemples que les botanistes surtout descripteurs qualifient souvent de tige des axes secondaires, c'est-à-dire des productions nées de l'axe primaire, qui seul, dans la rigueur des termes, devrait recevoir cette dénomination, ainsi qu'un travail plus général du même auteur[2], duquel il résulterait que l'ordre d'évolution des bourgeons est soumis à quatre lois différentes, qu'il appelle : loi d'évolution hélicoïdale antérieure, loi d'évolution hélicoïdale postérieure, loi d'évolution alternative, loi d'évolution simultanée.

C'est sur la tige et sur ses ramifications que prennent naissance les bourgeons, dans lesquels la partie essentielle et fondamentale est un germe de pousse, simple extrémité d'un axe, protégé, dans la plupart des cas, par des écailles imbriquées et formant une enveloppe complète. Il semble donc convenable de classer les travaux relatifs aux bourgeons à la suite de ceux qui se rapportent aux tiges. Indiquons à ce titre et en premier lieu, comme ayant rapport à la fois à l'axe et aux bourgeons de la Vigne, une note de M. Fermond, pharmacien en chef de l'hôpital Sainte-Eugénie, à Paris[3], dont le point de départ est un curieux fait de dédoublement, qui amène des considérations sur les dédoublements en général, ainsi que sur différentes particularités qu'offre cet arbuste dans le cours de sa végétation. Ajoutons une note intéressante[4] où M. Clos s'est proposé d'établir par des exemples qu'il existe un assez grand

[1] Considérations sur les axes primaires et secondaires dans quelques espèces radicantes, par M. GRENIER. (*Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 346-350.)

[2] Lois suivant lesquelles se fait le développement de certains bourgeons dans quelques familles végétales, par le même. (*Ibid.* II, 1855, p. 532-537.)

[3] Observations sur quelques phénomènes présentés par la végétation de la Vigne, et lois qui président à l'évolution de ses bourgeons, par M. CH. FERMOND. (*Bull. de la Société botanique de France*, III, 1856, p. 591-598.)

[4] Discussion d'un principe d'organographie végétale concernant les bourgeons, par M. D. CLOS. (*Bull. de la Société botanique de France*, III, 1856, p. 4-10.)

nombre de végétaux dont les feuilles n'ont pas de bourgeon à leur aisselle, contrairement au principe qui est habituellement posé comme général; enfin un mémoire dû à deux jeunes botanistes, MM. Damaskinos et Bourgeois[1], qui, ayant examiné successivement toutes les Dicotylédones ligneuses cultivées dans l'École botanique du Jardin des Plantes de Paris, en ont reconnu, comme offrant deux ou plusieurs bourgeons à l'aisselle de chaque feuille, un nombre beaucoup plus grand qu'on ne le pensait jusqu'à eux. — Enfin les bourgeons de quelques espèces particulières de plantes ont fourni le sujet d'un petit nombre de notes dont il serait peu utile de présenter ici l'énumération détaillée[2], et qui ont eu pour résultat de faire connaître ces formations dans certaines espèces.

§ 3. Feuilles.

On peut faire pour la feuille la même observation que pour la tige : les aspects sous lesquels doit être envisagé cet organe d'importance majeure sont fort divers; toutefois son étude organographique offre assez d'intérêt et ouvre un champ de recherches assez étendu pour que plusieurs botanistes s'en soient occupés.

En premier lieu, une étude qui n'a été abordée sérieusement que depuis un nombre d'années peu considérable, et qui, presque aussitôt, a conduit à la découverte de lois fondamentales, est celle de la disposition des feuilles sur la plante ou de leur arrangement relatif. Cette étude a été considérée comme formant dans la science une petite division particulière qui a été nommée *Botanométrie* ou *Phyllotaxie*. Bien que, dès son origine, elle ait été poussée très-loin, grâce aux travaux de MM. C.-F. Schimper et Al. Braun, en

[1] Des bourgeons axillaires multiples dans les Dicotylédones, par MM. Damaskinos et A. Bourgeois. (*Bull. de la Soc. botanique de France*, V, 1858, p. 598-610.)

[2] Du bourgeon dans le genre *Lythrum*, par M. Lebel. (*Mémoires de la Société impériale des sciences naturelles de Cherbourg*, II, p. 179.) — Observations sur les bourgeons et sur les feuilles du *Liriodendron tulipifera*, par M. Godron. (*Bulletin de la Société botanique de France*, VIII, 1861, p. 33-35, pl. 1.); etc.

Allemagne, des frères Bravais, en France, il n'en est pas moins resté des points de détail à examiner, des faits particuliers à reconnaître et à expliquer. Ainsi plusieurs Solanées présentent des feuilles géminées, c'est-à-dire placées par deux l'une à côté de l'autre, avec une ramification et une situation des inflorescences qui s'écartent de tout ce qu'on voit d'habitude. Ces diverses anomalies ont été étudiées avec soin, dès 1842, par M. Naudin[1], qui en a cherché l'explication dans des suppressions successives d'axes que viennent remplacer des ramifications usurpatrices, et dans la soudure de certaines feuilles à ces axes usurpateurs, d'où résulte un déplacement notable du niveau où elles deviennent libres; ainsi encore, vers la même époque, Steinheil[2] a voulu établir, par l'observation de faits anormaux et reconnus sur des Labiées, un *Eucalyptus*, des Orties, etc. que des feuilles naturellement opposées peuvent se souder dans chaque paire, de manière à déterminer l'alternance en place de l'opposition normale, et il en est venu à présumer que la situation alterne des feuilles dans les familles des Légumineuses, des Ombellifères, des Polygonées, etc. pourrait bien s'expliquer de cette manière, hypothèse trop hardie pour avoir pu être admise. — Plus récemment, M. Brongniart a montré[3], dans un mémoire empreint de son exactitude habituelle, comment, dans la suite du développement d'une même plante, divers arrangements en spirale des feuilles ou des parties qui en indiquent la place peuvent provenir les uns des autres, par exemple dans les Cactées. — Enfin M. Germain de Saint-Pierre a voulu justifier[4], par des observations

[1] Études sur la végétation des Solanées, la disposition de leurs feuilles et leurs inflorescences, par M. Ch. Naudin; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, Paris, 1842; résumé dans les *Comptes rendus*, XV, 1842, p. 147-150.

[2] Observations sur quelques feuilles opposées qui deviennent alternes par soudure, par Ad. Steinheil. (*Ann. des sc. naturelles*, 2e sér. XIX, 1843, p. 321-327.)

[3] Recherches sur l'origine des diverses dispositions spirales des feuilles, par M. Ad. Brongniart. (*Comptes rendus*, XXVII, 1848, p. 68-76.)

[4] De la disposition des feuilles dans la famille des Rubiacées, par M. Germain de Saint-Pierre. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, I, 1854, p. 72-75).

dont les sujets étaient le *Galium liuifolium*, l'*Asperula arvensis*, des *Bouvardia*, *etc.* l'hypothèse selon laquelle les verticilles de feuilles, dans nos Rubiacées indigènes et dans les Étoilées en général, ne seraient en réalité que des feuilles opposées avec des stipules intermédiaires, celles-ci plus développées que dans le reste de cette grande famille.

Une observation qui n'a pas même besoin d'être fort approfondie montre qu'il existe un lieu, une relation entre l'arrangement des feuilles sur la plante et le nombre, la situation, l'agencement ainsi que la ramification des faisceaux fibro-vasculaires de la tige. M. Lestiboudois, correspondant de l'Académie des sciences, a porté toute son attention sur ce sujet et en a fait l'objet d'un travail considérable [1], dans lequel abondent les faits et les données instructives. D'un autre côté, M. Cagnat, jeune botaniste, à qui les circonstances ont fait abandonner de trop bonne heure la science à laquelle il donnait déjà de sérieuses espérances, a recherché et montré les rapports qui peuvent exister entre la disposition phyllotaxique des feuilles, la forme des axes et le contour de la masse que forme la moelle au centre de ceux-ci [2].

La nature emploie des moyens très-divers pour assurer la multiplication des plantes; mais l'un des plus remarquables est certainement celui qui consiste à faire développer sur des feuilles des bourgeons ou de petites bulles qui n'en sont qu'une manière d'être particulière. Ce curieux phénomène se produit quelquefois accidentellement; mais il a lieu régulièrement dans certaines espèces d'*Allium*, surtout dans l'*A. magicum*; M. Germain de Saint-Pierre [3]

[1] Phyllotaxie anatomique, ou recherches sur les causes organiques des diverses distributions des feuilles, par M. Lestiboudois. (*Ann. des sc. nat.* 3ᵉ série, IX, 1848, p. 15-105, 136-189, pl. 1-5).

[2] Des rapports qui existent entre la disposition des feuilles, la forme des axes végétaux et celle de la moelle, par M. L. Cagnat. (*Ann. des sc. nat.* 3ᵉ série, IX, 1848, p. 362-382.)

[3] Individualité des feuilles; feuilles gemmipares chez l'*Allium magicum* et les *A. sphærocephalum* et *multiflorum*, par M. Germain de Saint-Pierre. (*Bull. de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 183-187.)

et peu après lui M. Lagrèze-Fossat [1] en ont fait une étude attentive.

L'étude spéciale des organes, et surtout des feuilles, se complète, dans l'état actuel de la science, par la recherche des formes qu'ils peuvent revêtir sur les plantes, soit dans leur ensemble, soit dans certaines de leurs parties. C'est ainsi que, la théorie de la métamorphose montrant des organes foliaires dans toutes les parties de la fleur et dans celles qui les accompagnent, M. Clos [2] s'est attaché à prouver que ce n'est pas la feuille entière, mais seulement sa gaîne qui entre dans la constitution des sépales, des bractées et en outre des écailles qui forment les écailles des bourgeons. — Enfin, embrassant l'ensemble des feuilles dans ses études et appelant l'interprétation philosophique au secours de l'observation directe, M. Fermond a trouvé dans ce sujet intéressant la matière d'un travail qui dépasse les limites des simples mémoires et qui constitue un véritable ouvrage spécial [3].

### § 4. Organes accessoires de la végétation.

Ces organes sont les stipules, les vrilles et les piquants, qui tous ont été, pour certains de nos botanistes, l'objet d'études attentives.

A. *Stipules.* On prenait habituellement pour des stipules axillaires de petits organes foliacés qu'on voit à l'aisselle des vraies feuilles dans quelques Aristoloches américaines; M. Duchartre [4] a

[1] Observations sur l'*Allium magicum*, par M. Lagrèze-Fossat. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, III, 1856, p. 230-235.)

[2] Importance de la gaîne de la feuille dans l'interprétation des bractées, des sépales et des écailles des bourgeons, par M. D. Clos. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, III, 1856, p. 679-684.)

[3] Études comparées des feuilles dans les trois grands embranchements des végétaux, comprenant le principe de la trisection et les lois de leur formation et de leur composition, leur classification méthodique, l'explication rationnelle de certaines feuilles exceptionnelles, leur composition organographique et leur phytogénie, par M. Ch. Fermond; un vol. in-8° de 156 pages, avec 13 planches, Paris, 1864.

[4] Sur les prétendues stipules des Aristoloches, par M. Duchartre. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, I, 1854, p. 56-60.)

montré que ces prétendues stipules ne sont pas autre chose que la première feuille soit d'un rameau-pédoncule, soit d'un rameau feuillé, soit enfin d'un axe d'inflorescence, et qu'aucune des espèces de ce grand genre n'est pourvue de stipules. Il y a probablement mélange d'une feuille axillaire, analogue à celle des Aristoloches, avec deux stipules latérales, dans le *Nelumbium codophyllum* que M. Trécul a décrit[1] comme possédant trois stipules pour une même feuille, et comme constituant ainsi une exception unique.

La première feuille d'un rameau, chez beaucoup de végétaux monocotylédones et aussi chez certaines Dicotylédones, se présente avec des caractères physiques et généralement aussi dans une situation qui lui ont fait donner par les botanistes allemands un nom distinctif, celui de *Vorblatt*, qu'on traduit en français par *Préfeuille*. Cette préfeuille, ainsi que la stipule axillaire que possèdent les *Potamogeton*, plantes monocotylédones du petit nombre de celles de cet embranchement dans lesquelles existe ce dernier organe, ont été examinées avec soin par M. Cosson[2], l'un des deux auteurs de la Flore de Paris, et principal collaborateur de la Flore de l'Algérie. Ce botaniste a reconnu que la stipule des *Potamogeton*, quoique souvent pourvue de deux nervures symétriques, est toujours un organe unique et impair; quant à la préfeuille, organe protecteur du bourgeon ou de la fleur, elle devient presque aussi grande que la stipule dans les espèces où la feuille, n'étant pas engaînante, ne peut remplir un rôle analogue.

L'existence d'une stipule axillaire est admise aussi dans les Graminées, mais avec cette différence qu'elle se souderait à la face interne de la gaîne formée par la feuille, dans sa portion inférieure,

[1] Végétation du *Nelumbium codophyllum*, et disposition anormale de ses feuilles et de ses stipules, par M. Trécul. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, I, 1854, p. 18-21, 60-62; *Ann. des sc. nat.* 4ᵉ série, I, 1854, p. 291-298.)

[2] Note sur la stipule et la préfeuille dans le genre *Potamogeton*, et quelques considérations sur ces organes dans les autres Monocotylées, par M. Cosson. (*Bull. de la Société bot. de France*, VII, 1860, p. 715-719).

et que son extrémité seule resterait libre au sommet de cette gaîne, y constituant la ligule, contrairement à ce qu'ont écrit presque tous les botanistes descripteurs. M. Durieu de Maisonneuve, directeur du Jardin botanique de Bordeaux, a montré [1] que les *Carex*, parmi les Cypéracées, présentent une organisation analogue qui avait été méconnue, et qui cependant offre assez de fixité pour fournir des caractères distinctifs dans la plupart des cas. — Ces stipules plus ou moins manifestes de certaines Monocotylédones sont toutes impaires et axillaires; on n'a pas encore cité de plante, dans ce grand embranchement du règne végétal, qui possède deux stipules latérales, comme celles de beaucoup de Dicotylédones; cependant M. Cauvet a cru voir les analogues de stipules latérales, soit dans les vrilles qui accompagnent chaque feuille des *Smilax*, soit dans deux organes d'apparence glandulaire qui occupent la même situation dans le *Tamus*, soit enfin dans de petits appendices qu'on voit placés de même sur quelques autres Monocotylédones [2].

B. *Vrilles.* Les filaments que porte la tige grêle et allongée de certaines plantes, et au moyen desquels elle s'accroche aux corps étrangers pour se soutenir, en d'autres termes les *vrilles* ou *mains*, ont attiré l'attention de plusieurs observateurs, qui ont cherché surtout à reconnaître quel est l'organe dont la transformation leur donne naissance. Ce sont principalement les vrilles des Cucurbitacées, et, à un moindre degré, celles de la Vigne et des Ampélidées en général, qui ont donné lieu au plus grand nombre d'écrits, et sur lesquelles ont été fondées le plus d'hypothèses, sans qu'on soit parvenu jusqu'à ce jour à en établir ou à en faire prédominer une seule.

[1] Étude taxonomique de la ligule dans le genre *Carex*, par M. Durieu de Maisonneuve. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, VI, 1859, p. 621-635.)

[2] Probabilité de la présence des stipules dans quelques Monocotylédones, par M. Cauvet. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, XII, 1865, p. 240-242.) — Recherches morphologiques sur le *Tamus communis* et sur le *Smilax aspera*, par le même. (*Ibid.* p. 257-261.)

La vrille des Cucurbitacées occupe une situation singulière : elle se trouve latéralement, à la base de la feuille, par conséquent à la place d'une stipule ordinaire, mais sans que rien lui fasse pendant de l'autre côté de cette même feuille ; aussi Auguste Saint-Hilaire voyait-il en elle une stipule transformée. Payer[1] a pensé qu'elle était produite par l'un des faisceaux fibro-vasculaires destinés à la feuille, lequel, au lieu de pénétrer dans celle-ci, se déviait et venait faire saillie au dehors. Pour M. Clos[2], cette vrille représente un organe appendiculaire en partie avorté, analogue à la vrille du *Lathyrus aphaca*, mais provenant d'un dédoublement collatéral de la feuille normale. M. Fabre[3] y a vu la continuation de la tige même, qui se serait atrophiée et déjetée latéralement. M. Naudin[4], s'appuyant sur des observations variées, a pensé qu'on devait la considérer comme une formation complexe, puisqu'elle comprendrait un rameau, né un nœud plus bas, qui se souderait à la tige jusqu'au niveau du nœud supérieur, et qui ne porterait ordinairement qu'une feuille transformée en vrille, mais qui parfois aussi pourrait développer son bourgeon terminal et donner même des fleurs. M. Guillard[5] admet la nature foliaire de ce filament préhenseur, mais il pense qu'il provient de la transformation de la bractée de l'inflorescence axillaire. M. Cauvet[6] y voit également

[1] Note sur les vrilles des Cucurbitacées, par J. Payer. (*Ann. des sc. nat.* 3e série, III, 1845, p. 163-164.)

[2] La vrille des Cucurbitacées, organe de dédoublement de la feuille, par M. D. Clos. (*Compt. rend.* XL, 1855, p. 839; *Bull. de la Soc. bot. de France,* III, 1856, p. 545-548.)

[3] De la nature des vrilles des Cucurbitacées, par M. J.-H. Fabre. (*Bull. de la Soc. bot. de France,* II, 1855, p. 512-518.)

[4] Observations relatives à la nature des vrilles et à la structure de la fleur chez les Cucurbitacées, par M. Ch. Naudin. (*Compt. rend.* XLI, 1855, p. 720-724; *Ann. des sciences nat.* 4e série, IV, 1855, p. 5-19, pl. 1-2.) — Remarques au sujet des observations de M. Clos relatives aux vrilles des Cucurbitacées, par le même. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, IV, 1857, p. 109-111.)

[5] Note sur les vrilles des Cucurbitacées, par M. Ach. Guillard. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, IV, 1857, p. 142-145; XII, 1865, p. 431-435.)

[6] Note sur la vrille des Cucurbitacées, par M. Cauvet. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, XI, 1864, p. 278-286.)

une feuille modifiée. Pour M. Lestiboudois[1], cette même vrille est essentiellement une dépendance du bourgeon axillaire, car elle naît d'un des côtés de la base de ce bourgeon, et elle en est une expansion foliacée, soit une bractée, soit une feuille raméale, mais non une division de ce rameau. Enfin M. Chatin[2] a cherché surtout dans l'anatomie des arguments à l'appui de cet énoncé, que la vrille des Cucurbitacées, loin d'être une feuille, doit être considérée comme un rameau, le corps de la vrille représentant la tige, et ses ramifications, des fleurs ou des feuilles. — On voit qu'il serait difficile de trouver dans la science un sujet qui ait donné lieu à des opinions aussi nombreuses et aussi divergentes.

La vrille de la Vigne et des *Cissus*, ou plus généralement des Ampélidées, a aussi occupé les organographes, mais à un moindre degré. On sait que cet organe sort du sarment vis-à-vis d'une feuille, et se trouve dès lors opposé à cette feuille, absolument comme l'inflorescence, dont il est l'analogue, et à laquelle on le voit passer fréquemment par des nuances presque insensibles; de là l'opinion qui a dominé jusqu'à ce jour dans la science, qu'il représente le prolongement direct ou l'extrémité florifère et fructifère de l'axe, qui aurait été déjetée de côté par l'effet du développement d'un rameau usurpateur vigoureux à l'aisselle de la feuille au-dessus de laquelle il s'élève lui-même. Toutefois cette manière de voir a été combattue par M. Prillieux[3], qui, se basant sur ce que les feuilles du prétendu rameau usurpateur continuent la disposition de celles qui se trouvent plus bas, au lieu de la croiser, émet l'idée qu'à chaque niveau où l'on voit soit une feuille avec une vrille, soit une feuille avec une inflorescence, l'axe s'est bifurqué par l'effet

[1] De la vrille des Cucurbitacées, par M. Th. Lestiboudois. (*Compt. rend.* XLV, p. 78-84, 153-161; *Bull. de la Soc. bot. de France*, IV, 1857, p. 744-750.)

[2] Sur la vrille des Cucurbitacées, par M. Chatin. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, XII, 1865, p. 373-381; *Comptes rendus*, LXII, 1866, p. 33-36; *Mém. de la Soc. de biologie*, an. 1866.)

[3] Considérations sur la nature des vrilles de la Vigne, par M. Ed. Prillieux. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, III, 1856, p. 645-652.)

d'une partition, et que l'une de ses deux ramifications est devenue soit la vrille, soit l'inflorescence, tandis que l'autre forme le prolongement direct de ce même axe. — Une autre idée a été émise à ce sujet par M. Lestiboudois [1]; d'après ce botaniste, la vrille de la Vigne et des *Cissus* serait due à un bourgeon spécial, qui différerait des bourgeons ordinaires non-seulement par sa situation exceptionnelle à l'opposé d'une feuille, mais encore par son développement anormal, et parce qu'il naîtrait privé d'écailles, sans qu'on pût néanmoins le considérer comme adventif en raison de la constance avec laquelle il se produirait à une place déterminée. Ces deux oppositions à la théorie dominante, qui reconnaît pour premiers auteurs Aug. Saint-Hilaire et M. Rœper, ont été combattues à leur tour par M. Cauvet [2], qui s'est efforcé de prouver que les faits sur lesquels elles ont été basées peuvent se concilier jusqu'à un certain point avec cette théorie, ou du moins ne la renversent pas.

C. *Piquants.* La nature a pourvu certaines plantes de véritables armes, de piquants, entre lesquels on a distingué les épines et les aiguillons, d'après les deux origines et les deux sortes de structure qu'on remarque en eux. Distinguer l'une de l'autre ces deux catégories de piquants, indiquer les plantes qui offrent l'une ou l'autre, décrire la formation et la structure de toutes les deux, c'est un sujet d'études intéressant et dont on doit savoir gré à M. Lestiboudois de s'être occupé avec soin [3].

### § 5. Fleur.

Si la racine, la tige et les feuilles permettent à chaque individu végétal d'exister par lui-même, la fleur lui donne la faculté de se

[1] Notes sur les vrilles des genres *Vitis* et *Cissus*, par M. Th. Lestiboudois. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, IV, 1857, p. 809-816; *Comptes rendus*, LXI, 1865, p. 889-895.)

[2] Sur la vrille des Ampélidées, par M. Cauvet. (*Bulletin de la Soc. bot. de France*, XI, 1864, p. 251-258.)

[3] Note sur les épines et les aiguillons, par M. Th. Lestiboudois. (*Comptes rendus*, LXI, 1865, pag. 1034-1039, 1093-1100.)

reproduire, grâce à l'action qu'exercent réciproquement l'un sur l'autre les organes mâle et femelle qu'elle renferme et qui la constituent essentiellement, c'est-à-dire l'étamine avec le pollen ou poussière fécondante qui prend naissance dans la profondeur de ses tissus, le pistil avec les ovules qu'il renferme et dont chacun est destiné à devenir une graine, après qu'il aura été fécondé. La fleur est donc indispensable pour le maintien et la perpétuation des espèces phanérogames, comme la racine, la tige et les feuilles sont nécessaires à l'existence des individus. Il est dès lors tout naturel que les botanistes aient porté toute leur attention sur cette partie essentielle des plantes, et qu'ils l'aient examinée à des points de vue variés, tantôt quant à sa situation et à son arrangement sur la tige et les rameaux, c'est-à-dire à l'inflorescence, tantôt quant à ses diverses parties étudiées sous le rapport de leur manière d'être particulière ou de leur structure, tantôt enfin quant à la disposition relative de ces mêmes parties, et aux modifications de toute sorte qu'elles peuvent subir, en d'autres termes à leur arrangement symétrique et à leur morphologie. Ces points de vue différents auxquels se sont placés les botanistes, dans leur étude des fleurs, marquent la division naturelle de ce paragraphe en trois sections, relatives, 1° à l'inflorescence, 2° aux organes floraux considérés en particulier, 3° à la fleur en général étudiée sous le rapport de sa symétrie et de sa morphologie. Il est bon toutefois de faire observer qu'ici comme presque partout le classement n'a qu'une valeur approximative, et qu'il sépare nettement des ordres de considérations qui le plus souvent se mêlent plus ou moins l'un à l'autre, se confondent même, en bien des cas, dans l'esprit et sous la plume des auteurs.

A. *Inflorescence.* L'histoire des inflorescences, c'est-à-dire des différents arrangements qu'affectent les fleurs et les axes florifères, ainsi que des divers ordres d'évolution auxquels ceux-ci sont assujettis, a échappé au vague et au défaut presque complet de méthode qui y régnaient, le jour (1826) où M. Rœper, le savant et

ingénieux professeur de Rostock, en a distingué deux catégories qu'il a nommées définies et indéfinies, ou déterminées et indéterminées, et auxquelles il a rapporté les différents modes connus de ces arrangements. Mais, bien que les idées de M. Rœper aient été à peu près universellement admises, il y a eu des détails à perfectionner ou à éclairer; même des vues d'ensemble ou des principes nouveaux ont été proposés comme pouvant servir de base à cette partie de l'organographie. C'est ainsi que M. Guillard [1] a cherché à modifier le classement des inflorescences en le basant essentiellement sur l'ordre d'après lequel les fleurs s'épanouissent, et qu'il a proposé, à cette occasion, une nomenclature logique sans doute, mais qui amènerait l'inconvénient toujours sérieux de changer tous les noms admis, et de charger, en outre, à un très-haut degré la langue de la science. D'un autre côté, M. Clos [2] s'est attaché à montrer qu'il faudrait ajouter aux deux grands groupes des inflorescences définies et indéfinies celui des inflorescences de partition, de telle manière que chaque sorte, épi, grappe, corymbe, etc. offrirait les trois modifications, défini, indéfini et de partition.

Différentes questions spéciales ont été encore traitées par des botanistes français : Payer [3] s'était appliqué à l'étude des inflorescences anormales, dans l'explication desquelles il faisait jouer un rôle important à la soudure des axes avec les bractées; M. Trécul a jeté du jour sur les curieuses inflorescences des *Dorstenia* et des Figuiers, en montrant que l'évolution des fleurs y marche du centre à la circonférence, et qu'elles sont par conséquent définies ou centrifuges [4]; enfin M. Clos a fait voir que sous la dénomination unique

[1] Idée générale de l'inflorescence, par M. ACH. GUILLARD. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, IV, 1857, p. 29-39, 116-124, 374-381, 452-464, 932-939.)

[2] Nouvel aperçu sur la théorie de l'inflorescence, par M. D. CLOS. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, VIII, 1861, p. 11-18, 36-41.)

[3] Études morphologiques sur les inflorescences dites *anomales*, par J.-B. PAYER; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4°, 1842; résumé dans les *Comptes rendus*, XV, 1842, p. 147.

[4] Mémoire sur les inflorescences centrifuges du Figuier, des *Dorstenia*, etc. par M. TRÉCUL. (*Comptes rendus*, XXXIX, 1854, p. 360-364.)

d'ombelle on réunit des inflorescences semblables entre elles pour l'aspect et pour la disposition générale, mais dont, en réalité, les unes sont indéfinies et les autres définies, ce qui explique pourquoi la plupart des auteurs ont rangé l'ombelle dans la catégorie des inflorescences indéfinies, tandis que d'autres, moins nombreux, l'ont rattachée à celle des inflorescences définies.

Les inflorescences sont fréquemment accompagnées de feuilles plus ou moins modifiées ou de bractées, dont la réunion constitue pour elles une sorte d'enveloppe générale appelée *involucre.* C'est particulièrement dans l'immense famille des Composées ou Synanthérées qu'on voit de très-nombreux exemples de ces involucres. Or, puisqu'on admet aujourd'hui qu'une feuille complète comprend trois portions distinctes, gaîne, pétiole et limbe, on est conduit à se demander si dans chacune des feuilles réduites à l'état d'écailles, qui constituent les involucres, on doit voir une, deux ou trois de ces portions. M. Clos[1] a discuté cette question, et, se basant sur divers états monstrueux qu'il a observés sur la Centaurée Jacée, il a émis l'opinion que les bractées de l'involucre ne sont pas de la même nature dans toutes les Composées, et que, si dans certaines d'entre ces plantes elles sont formées uniquement par la gaîne, dans d'autres elles réunissent la gaîne et le limbe.

B. *Organes floraux.* Les plus importants de ces organes sont évidemment ceux par lesquels s'accomplit la reproduction, par conséquent l'étamine ou organe mâle et le pistil ou organe femelle.

L'étude du premier de ces organes a beaucoup occupé M. Chatin, qui l'a considéré à des points de vue fort variés. Après avoir suivi le développement de l'anthère qui en est la partie essentielle et recherché la structure qui lui appartient en propre pour parvenir à déterminer les fonctions des différents tissus dont elle est formée[2], il s'est attaché à tracer l'histoire des diverses couches et

[1] Recherches sur l'involucre des Synanthérées, à l'occasion d'une monstruosité du *Centaurea Jacea*, par M. D. Clos. (*Ann. des sc. nat.* 3ᵉ série, XVI, 1851, p. 40-47.)

[2] Recherches sur le développement, la

parties qu'on y observe; il a trouvé dans ces recherches spéciales la matière de plusieurs écrits[1]. Il a surtout éclairé l'histoire des cellules fibreuses qu'on a supposées, peut-être un peu à tort, être l'agent essentiel de l'ouverture des anthères, dont la conséquence est la sortie du pollen et par suite la fécondation; il a complété, quant à la distribution de ce tissu particulier dans les parois de l'organe mâle, ce que nous avaient appris déjà différents observateurs. Il a cru pouvoir distinguer comme des organes importants, nommés par lui *placentoïdes*, les saillies celluleuses qui s'avancent plus ou moins dans la cavité des loges du même organe, saillies qu'il a regardées comme servant surtout à nourrir le pollen pendant sa formation[2]. Considérant auparavant l'ensemble des étamines de la fleur ou l'androcée tout entier, il avait recherché les rapports qui peuvent exister entre l'ordre selon lequel naissent les étamines dont il est formé et celui dans lequel s'ouvrent ces organes pour laisser sortir leur pollen[3], ainsi que ceux qui relient l'avortement de ces mêmes organes avec leur naissance et avec leur arrivée à l'état de développement complet[4]. S'attachant ensuite à des cas particuliers, le même botaniste a étudié les fleurs mâles de la Vallisnérie[5] pour

structure et les fonctions des tissus de l'anthère, par M. Chatin. (*Bull. de la Soc. bot. de France,* IX, 1862, p. 461-466; X, 1863, p. 281-289.)

[1] Existence d'une troisième couche dans les anthères, par M. Chatin. (*Comptes rendus,* LXII, 1866, p. 126-130.) — Structure et fonctions de la cloison des logettes de l'anthère, par le même. (*Ibid.* p. 285-289.) — Localisation des cellules fibreuses dans quelques anthères; absence de ces cellules dans les anthères d'un grand nombre de plantes, par le même. (*Ibid.* p. 172-176.)

[2] Des placentoïdes, nouvel organe des anthères, par M. Chatin. (*Comptes rendus,* LXII, 1866, p. 215-218; *Bulletin de la Société botanique de France,* XIII, 1866, p. 81-85.)

[3] Recherche des rapports entre l'ordre de naissance et l'ordre de déhiscence des étamines, par M. Chatin. (*Bull. de la Soc. bot. de France,* I, 1854, p. 279-281.) — Études sur l'androcée, par le même. (*Bull. de la Soc. bot. de France,* II, 1855, p. 230-235.)

[4] Recherches des lois qui lient l'avortement des étamines à leur naissance et à leur maturation, loi d'inversion, par M. Chatin. (*Comptes rendus,* XL, 1855, p. 1288-1290.)

[5] Sur les fleurs mâles du *Vallisneria spiralis,* par M. Chatin. (*Bull. de la Soc. bot. de France,* II, 1855, p. 393-395.)

établir, contrairement à ce qui avait été avancé par quelques observateurs, que ce sont bien ces fleurs entières, et non pas seulement des grains de leur pollen, qui s'élèvent à la surface de l'eau pour féconder les fleurs femelles; il les a décrites en détail, et, chemin faisant, il a reconnu ce fait exceptionnel parmi les Phanérogames, que les parties dont elles sont formées ne renferment ni vaisseaux ni fibres. Enfin, abordant la question fort controversée de l'androcée des Crucifères[1], il s'est efforcé de baser sur l'organogénie et sur l'observation directe l'opinion déjà formulée par d'autres botanistes que, des six étamines qu'offrent ces fleurs, les quatre longues forment un verticille interne, opposé aux pétales, et les deux courtes sont les restes d'un verticille plus extérieur qui a perdu la moitié de ses parties. En même temps il a énoncé cette idée que le pistil de ces plantes est typiquement composé de quatre carpelles dont l'antérieur et le postérieur disparaîtraient par l'effet d'un avortement. Récemment, dans un mémoire sur le même sujet, M. Godron a développé[2] une manière de voir analogue, et a fait intervenir une pression, s'exerçant de dedans en dehors, comme la cause première de l'avortement des deux étamines et des deux carpelles qu'appellerait la symétrie florale.

Cette influence de la pression s'exerce encore, d'après M. Godron, sur d'autres fleurs que celles des Crucifères; par exemple, d'après lui, c'est elle qui rend irrégulières les fleurs de certaines Fumariées[3], tandis que, dans ce même groupe naturel, les fleurs qui n'éprouvent rien de semblable conservent définitivement la régularité que toutes également possédaient pendant leur première jeunesse. Pour terminer l'indication des principaux travaux auxquels

[1] Sur l'androcée des Crucifères, par M. Chatin. (*Bull. de la Société botanique de France*, VIII, 1861, p. 370-373, 471-475.)

[2] Mémoire sur l'inflorescence et les fleurs des Crucifères, par M. D.-A. Godron. (*Ann. des sciences nat.* 5e série, II, 1864, p. 281-305, pl. 18; *Mémoires de l'Acad. de Stanislas*, 1864.)

[3] Mémoire sur les Fumariées à fleurs irrégulières et sur la cause de leur irrégularité, par M. D.-A. Godron. (*Ann. des sc. nat.* 5e série, II, 1864, p. 272-280, pl. 17; *Mém. de l'Acad. de Stanislas*, 1864.)

a donné lieu, dans ces derniers temps, le verticille des étamines, rappelons une note[1] dans laquelle M. Baillon a réuni des faits en assez grand nombre, afin de montrer que ces organes présentent fréquemment dans le bouton jeune une véritable préfloraison, c'est-à-dire se recouvrent l'un l'autre, au moins partiellement, d'après des dispositions diverses.

Les organes floraux qui ne servent point par eux-mêmes à la reproduction n'ont qu'un intérêt secondaire, et, peut-être par cela même, ils ont peu attiré l'attention des botanistes. Néanmoins on peut citer comme les concernant : un mémoire étendu de L. Bravais[2] sur les parties de la fleur productrices de sucs mielleux ou de nectar, c'est-à-dire sur les nectaires considérés dans leur généralité et distingués par cet auteur en neuf sortes différentes; une note dans laquelle M. Clos[3] s'est proposé de faire ressortir, après Lamarck, A.-L. de Jussieu, etc. les inconvénients qui s'attachent à l'emploi du mot *nectaire*, ainsi qu'à celui du mot *torus*, et les avantages qu'on trouverait, au contraire, à désigner avec précision les parties de la fleur qu'on réunit presque au hasard sous ces deux dénominations trop vagues; une courte note de M. L. Cagnat[4] destinée à établir que la couronne des Narcisses est le produit d'un simple dédoublement de leur périanthe; enfin un mémoire où M. Clos[5] a réuni différents faits qu'il regarde comme prouvant que le calice est formé, dans certaines plantes, par de vraies feuilles, dans d'autres par des stipules, en d'autres termes, qu'il existe des sépales stipulaires tout aussi bien que des sépales foliaires.

[1] Sur la préfloraison des étamines, par M. Baillon. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, II, 1855, p. 373-377.)

[2] Examen organographique des nectaires, par L. Bravais. (*Annales des sc. nat.* 2e série, XVIII, 1842, p. 152-184.)

[3] De la nécessité de faire disparaître de la nomenclature botanique les mots de Torus et Nectaire, par M. Clos. (*Ann. des sciences naturelles*, 4e série, II, 1854, p. 23-28.)

[4] Note sur la couronne des Narcisses, par M. L. Cagnat. (*Ann. des sc. nat.* 3e série, III, 1845, p. 353-356.)

[5] Sépales stipulaires, par M. D. Clos. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, VI, 1859, p. 580-587.)

C. *Fleur en général.* Considérée tout entière, soit au point de vue des rapports de situation, d'indépendance ou d'union réciproque qu'offrent entre eux les organes dont elle est formée, soit à celui des formes sous lesquelles se montrent ces mêmes organes, la fleur peut donner lieu à des études utiles, à des observations instructives. Parmi les travaux de cet ordre qui ont été publiés depuis vingt-cinq ans, on doit citer d'abord, tant en raison de son importance qu'à cause de sa publication qui le reporte à l'extrême limite assignée à ce Rapport, un grand travail de M. Lestiboudois sur la fleur des Musacées, des Scitaminées, des Cannées et des Orchidées[1]. Examinant avec un soin particulier toutes les parties de la fleur, qui est presque toujours irrégulière à un haut degré, dans ces groupes naturels, ce botaniste s'est proposé le problème souvent difficile d'y retrouver la symétrie normale qui caractérise le type des Monocotylédones; il y est parvenu par l'interprétation morphologique de pièces pétaloïdes qui semblent former, dans beaucoup de cas, un périanthe supplémentaire, et qui, provenant d'une transformation des étamines, constituent des staminodes, surtout dans celle de la pièce, parfois la plus développée et la plus apparente dans ces fleurs, à laquelle on donne généralement les noms de *Labelle* ou *Tablier*, et que M. Lestiboudois propose d'appeler *Synème* pour en rappeler l'origine. L'une de ces mêmes familles, celle des Cannées ou Marantacées a été beaucoup plus récemment l'objet de recherches spéciales pour M. A. Gris[2], qui en a examiné non-seulement la fleur, mais encore le fruit et la graine fort curieuse, dans quelques cas, par la présence dans sa profondeur de singuliers canaux occupés par un tissu particulier dont l'élément le plus remarquable est le vaisseau spiral. Peu de temps après[3], M. A. Gris a montré, par l'ex-

[1] Observations sur les Musacées, les Scitaminées, les Cannées et les Orchidées, par M. Th. Lestiboudois. (*Ann. des sc. naturelles*, 2e série, XV, 1841, p. 305-349, pl. 18-21; XVII, 1842, p. 205-226, pl. 10, et p. 257-286, pl. 11-13.)

[2] Observations sur la fleur des Marantées, par M. A. Gris. (*Ann. des sc. nat.* 4e série, XII, 1859, p. 193-219, pl. 11-14.)

[3] Note sur l'origine et le mode de for-

posé du développement de l'ovule dans quelques-unes de ces plantes, que ces canaux, dans lesquels R. Brown voyait des embryons avortés, ne sont pas autre chose que des productions issues du point de l'ovule qu'on nomme *la Chalaze*. Une autre des quatre familles étudiées par M. Lestiboudois, celle des Orchidées, a été envisagée par M. Duchartre [1] sous un rapport curieux, celui des formes diverses sous lesquelles peut s'y montrer, dans certains cas, la fleur d'une même espèce. La plante sur laquelle a surtout insisté cet observateur est le *Vanda Lowei* Lindl. dans lequel la même inflorescence porte, vers le bas, deux, ou rarement trois fleurs différentes de toutes celles qui sont placées en grand nombre au-dessus d'elles pour la coloration, la texture, la configuration, même pour l'odeur et pour l'époque de l'épanouissement. Afin de montrer que le polymorphisme affecte aussi d'autres parties des plantes, il a consigné dans son mémoire la description des deux fruits dissemblables d'une Fumariée d'Algérie, le *Ceratocapnos umbrosa* Durieu. — Enfin, pour terminer cette énumération des travaux organographiques sur la fleur, mentionnons une note succincte par laquelle Dupont [2] a fait remarquer que l'insertion de la corolle et des étamines, dans les Caryophyllées, est périgyne et non hypogyne, comme on l'admettait généralement.

### § 6. Fruit et graine.

Depuis que, vers la fin du siècle dernier, Gærtner, par la publication de son grand et bel ouvrage qui forme une monographie complète du fruit et de la graine, a fixé l'attention des botanistes sur ces parties, dont l'importance est fondamentale pour les plantes, bien

mation des canaux périspermiques dans la graine des Marantées, par M. A. Gris. (*Ann. des sc. nat.* 4ᵉ série, XIII, 1860, p. 97-102, pl. 1-2; *Bull. de la Soc. bot. de France*, VII, 1860, p. 237-239; p. 875.)

[1] Note sur le polymorphisme de la fleur chez quelques Orchidées, par M. Duchartre. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, IX, 1862, p. 113-125.)

[2] Sur l'insertion de la corolle et des étamines dans les Caryophyllées, par Dupont. (*Ann. des sc. nat.* 2ᵉ série, XV, 1841, p. 98-100.)

des études ont été exécutées dans cette direction; néanmoins, à part les excellents travaux de L.-C. Richard et de Mirbel, qui ont porté principalement sur l'organisation des fruits et sur la classification méthodique qu'on peut établir entre leurs diverses espèces, la plupart des recherches ont eu pour objet d'appliquer à la description et au classement des plantes les caractères qu'un examen attentif faisait reconnaître dans l'une et l'autre de ces deux parties. Il en résulte que la botanique ne s'est enrichie, depuis vingt-cinq années, que d'un petit nombre d'écrits traitant spécialement de ce sujet; encore l'organographie proprement dite s'y est-elle le plus souvent aidée du secours de l'anatomie pour compléter l'élucidation des points examinés. Énumérons séparément les principaux d'entre ces écrits qui se rapportent au fruit proprement dit ou au péricarpe et à la graine ou semence.

A. *Péricarpe.* On doit à M. Lestiboudois un travail général[1] destiné à montrer que les parties constitutives des fruits, ou les carpelles, sont bien, comme tous les autres organes floraux, des feuilles modifiées, à la formation desquelles concourent des faisceaux vasculaires semblables, en eux-mêmes et pour leurs divers modes d'expansion, à ceux qui forment la base de la composition des feuilles. De cette notion fondamentale ce botaniste a déduit une explication de la structure générale et de l'arrangement des carpelles, ainsi que les principes d'une classification des fruits. — Mais tous les fruits sont-ils dus de même à une ou plusieurs feuilles modifiées? C'est ce que ne pensent pas tous les botanistes; en particulier, c'est ce que n'admet pas M. Trécul, et ce qu'il a exprimé, dès 1843, dans un mémoire par lequel il a marqué son entrée dans la carrière qu'il a parcourue depuis cette époque avec assez de distinction pour que les portes de l'Académie des sciences se soient récemment ouvertes devant lui. Dans ce travail[2], il s'est attaché à montrer que

[1] Carpographie anatomique, par M. Th. Lestiboudois. (*Ann. des sciences naturelles*, 4e série, II, 1854, p. 223-243. pl. 16-17; III, 1855, p. 47-72, 223-253.)

[2] Observations sur les fruits des *Prisma-*

le fruit des *Prismatocarpus*, charmantes plantes de nos champs, paraît n'être que la continuation de leur tige, puisqu'il en a la structure, et que, comme elle, il porte souvent des feuilles, ou même, à l'aisselle de celles-ci, de petits rameaux florifères; il ne provient donc pas de l'union de feuilles modifiées en carpelles. Il a signalé en même temps quelques particularités intéressantes dans le fruit des Crucifères; mais la structure de ce fruit a été surtout examinée, à une date récente, par M. Eug. Fournier, qui, après en avoir fait le sujet d'une note spéciale [1], a inséré plus en détail les résultats de ses observations dans une thèse pour le doctorat ès sciences naturelles [2], consacrée en majeure partie à une monographie du genre *Sisymbrium*, mais dans laquelle aussi il a traité divers points de l'organisation des plantes de cette famille. Dans la même catégorie des fruits dont l'organisation est problématique à certains égards, rentre celui des Pavots, et peut-être aussi celui des Orangers et Citronniers, dont s'est occupé M. Clos [3]. Ce savant botaniste a fait ressortir la situation exceptionnelle des lames ovulifères ou des placentas des *Papaver* placés sur la ligne médiane de ce qu'on avait généralement regardé comme les carpelles ou parties constitutives de ce fruit, et il s'est demandé si ce seraient bien en effet des carpelles, ou si le pistil de ces plantes ne serait pas formé par l'axe même plutôt que par des organes foliaires ; il semble pencher vers cette dernière opinion. Quant au fruit des Orangers, il s'est attaché à montrer que le zeste qui le recouvre provient habituellement de l'épicarpe, mais peut aussi, dans certains cas, être dû à l'endocarpe.

*tocarpus speculum* et *hybridus*, et sur celui des Crucifères, par M. Trécul. (*Ann. des sc. nat.* 2ᵉ série, XX, 1843, p. 339-344, pl. 17.)

[1] Sur les caractères histologiques du fruit des Crucifères, par M. Eug. Fournier. (*Bull. de la Société botanique de France*, XI, 1864, p. 237-245, 288-293.)

[2] Recherches anatomiques et histologiques sur la famille des Crucifères, par M. Eug. Fournier; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4° de 154 pages et 2 planches, Paris, 1865.

[3] Observations sur le pistil ou le fruit des genres *Papaver* et *Citrus*, par M. D. Clos. (*Ann. des sc. nat.* 5ᵉ série, III, 1865, p. 312-320.)

Il existe une famille de plantes monocotylédones que son organisation tout entière caractérise avec une remarquable netteté ; c'est celle des Orchidées. La manière dont s'ouvrent les fruits, dans la majorité des plantes qui la composent, avait été observée et avait même donné lieu à deux opinions différentes : Lindley admettait que les six pièces réunies à leurs deux extrémités, qui s'isolent dans la capsule pour laisser sortir les graines, sont autant de valves distinctes; tandis que d'autres (R. Brown, etc.) ont pensé qu'elles forment seulement trois valves au milieu desquelles s'attachent les graines, et que les trois autres pièces, plus étroites et stériles, ne sont que des nervures qui se sont détachées du reste du péricarpe. On avait même cru que c'était là le mode général de déhiscence du fruit des Orchidées; mais, par son étude approfondie de cette famille, M. Prillieux[1] a été conduit à reconnaître qu'on avait eu tort de généraliser à cet égard. Il a constaté d'abord que, si le cas le plus fréquent est celui où il se forme six fentes entre autant de pièces réunies à leurs deux extrémités, ailleurs ces parties se séparent par le sommet, et qu'elles sont alors au nombre, tantôt de six (*Leptotes*, *Maxillaria*), tantôt de trois (*Fernandezia*), ou même de deux seulement (*Vanilla*); il a vu ensuite que, lorsque les valves conservent leur double connexion, si l'on en compte le plus souvent six, comme dans toutes nos espèces indigènes, parfois aussi on n'en voit que trois (*Cattleya*, *Phajus albus*), ou même que deux inégales entre elles de largeur (*Pleurothallis*, *Bolbophyllum*).

B. *Graine.* Entre les différents travaux dont la graine a fourni le sujet, le premier par ordre de date et aussi par l'intérêt est celui par lequel M. J.-E. Planchon a marqué son entrée dans la carrière scientifique. Voici quel en est le sujet. La graine, dans un certain nombre de plantes, outre ses téguments propres, présente une enveloppe accessoire qui la recouvre plus ou moins complétement, qui est parfois colorée de teintes vives, et dont

[1] Observations sur la déhiscence du fruit des Orchidées, par M. Ed. Prillieux. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, IV, 1857, p. 803-809.)

la substance est généralement épaisse et assez charnue. Cette enveloppe accessoire, dont il n'existait pas encore d'indice appréciable au moment de la fécondation, a été appelée un *Arille*. Les botanistes la regardaient comme provenant, dans tous les cas, d'une expansion tardive du funicule, c'est-à-dire du cordon qui attache la graine au péricarpe. M. J.-E. Planchon a montré, par des observations délicates et dont les résultats semblent démonstratifs[1], que ces formations, malgré leur similitude apparente, peuvent avoir deux origines différentes, puisque les unes, auxquelles il laisse le nom de vrais arilles, émanent du funicule, comme on le pensait, tandis que les autres, qu'il appelle *Faux-arilles* ou *Arillodes*, sont dues à un développement spécial des bords de l'exostome, ouverture externe de l'ovule ou orifice destiné à laisser pénétrer le tube pollinique, qui va déterminer la fécondation. La graine des *Nymphæa*, des Passiflores, du Rocouyer (*Bixa*) offre des exemples de vrais arilles; celle des Fusains, des *Polygala* nous montre de faux arilles, dont un exemple beaucoup plus connu encore est le macis de la muscade. — Un peu plus tard, le même botaniste s'est occupé de l'ovule et de la graine des Acanthes[2], et, en suivant pas à pas le développement qui du premier fait provenir la dernière, il a pu expliquer pourquoi l'embryon de celle-ci affecte une situation et une direction anormales, sa courte radicule conique, cachée entre les cotylédons, se dirigeant presque parallèlement au hile et transversalement par rapport à l'ensemble de la semence.

Un certain nombre de questions relatives à l'organisation de la graine et de ses parties constitutives ont été traitées par divers auteurs. M. Duchartre a cherché à reconnaître par l'observation directe s'il y a motif réel pour admettre que l'embryon des

[1] Développement et caractères des vrais et des faux arilles, par M. J.-E. Planchon; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4° de 53 pages et 3 planches, Montpellier, 1844. (*Ann. des sc. nat.* 3e série, III, 1845, p. 275-312, pl. 11 et 12.)

[2] Sur l'ovule et la graine des Acanthes, par M. J.-E. Planchon. (*Ann. des sc. nat.* 3e série, IX, 1848, p. 72-79, pl. 5, A.)

Conifères et d'un petit nombre d'autres végétaux peut posséder plus de deux cotylédons, comme le pensent la plupart des botanistes, ou si, au contraire, on doit voir dans ces prétendus cotylédons multiples de simples segments des deux cotylédons habituels, ainsi que l'ont dit Adanson, surtout A.-L. de Jussieu; en d'autres termes, il s'est proposé de reconnaître si, dans le vaste embranchement des Dicotylédones, il existe réellement çà et là quelques végétaux qu'on soit en droit de regarder comme polycotylédonés. Par l'examen de l'embryon dans la graine et, autant que possible, par celui des germinations, il a été conduit à résoudre la question négativement, c'est-à-dire à énoncer ce principe général, que les embryons qu'on a qualifiés de polycotylédonés n'ont réellement que deux cotylédons divisés profondément[1].

Une autre organisation fort remarquable a été l'objet de sérieuses études de la part de M. Prillieux. Les graines de certaines Amaryllidées, *Crinum* et genres voisins, se montrent habituellement dans un état tellement anormal, que souvent on les a méconnues entièrement, et qu'on les a prises pour des bulbilles développées dans le péricarpe, à la place des vraies semences, ou produites par une transformation de celles-ci. M. Prillieux a démontré ce qu'avaient dit déjà quelques botanistes, que ce sont bien de véritables graines. M. Baillon[2] avait suivi le développement des graines de l'*Hymenocallis speciosa* et avait été conduit à dire que ce sont les deux enveloppes ovulaires, la primine et la secondine, qui gagnent peu à peu en épaisseur jusqu'à former la plus grande partie du volume de ces semences bulbiformes. M. Prillieux[3], de son côté, en faisant porter ses recherches sur des espèces et genres plus variés, a été conduit

[1] Mémoire sur les embryons qui ont été décrits comme polycotylés, par M. P. Duchartre. (*Ann. des sc. nat.* 3e série, X, 1848, p. 207-237, pl. 7-10.)

[2] Organogénie des graines charnues de l'*Hymenocallis speciosa*, par M. Baillon. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, IV, 1857, p. 1020-1022.)

[3] De la structure et du mode de formation des graines bulbiformes de quelques Amaryllidées, par M. Prillieux. (*Ann. des sc. nat.* 4e série, IX, 1858, p. 97-104.)

à distinguer deux types parmi les graines bulbiformes des Amaryllidées : les unes proviennent d'ovules à deux téguments, et la plus grande partie de leur masse charnue est due à l'épaississement de leur primine seule (*Hymenocallis*); elles renferment de nombreux vaisseaux et manquent d'albumen; les autres résultent d'ovules sans téguments; elles sont dépourvues de vaisseaux, et leur masse charnue est formée par un énorme albumen charnu que recouvre seulement une nucelle réduite à l'état de mince pellicule. — Enfin une autre graine d'une organisation spéciale, celle du Ricin, dont il avait été donné des descriptions dissemblables, a été étudiée avec soin par M. A. Gris[1], qui semble avoir levé tous les doutes à son égard, et qui a insisté principalement sur ce fait, que la secondine s'y est partagée en deux couches distinctes, dont l'externe forme à la graine une enveloppe colorée, fibreuse, de consistance crustacée et cassante, qui protége toutes les parties sous-jacentes.

### Art. 4. — Ouvrages généraux.

Il est des ouvrages qui, par l'étendue de leur cadre ou par la généralité de leur sujet, ne rentrent que difficilement dans un classement quelconque. Tels sont, par exemple, les traités élémentaires de botanique, dans lesquels l'organographie occupe la plus large place, mais qu'il n'y a pas lieu d'indiquer ici en détail, parce que, tout essentiels qu'ils sont à la science dont ils résument les progrès et dont ils propagent la connaissance, ils sont par cela même à peu près dépourvus d'originalité, ou du moins ils n'ont pas d'autre originalité que celle qui peut résulter du plan, de la rédaction et des observations nouvelles qui s'y trouvent éparses au milieu d'un ensemble de faits déjà connus. Il suffira donc de rappeler ici les noms de A. Richard, A. de Jussieu, Payer, MM. Lemaout, Figuier, Grimard, Duchartre, à qui sont dus les principaux d'entre les traités

[1] Note sur le développement de la graine du Ricin, par M. A. Gris. (*Ann. des sc. nat.* 4e série, XV, 1861, p. 5-9, pl. 2.) — Note sur les téguments de la graine du Ricin, par le même. (*Ibid.* XVII, 1862, p. 312-316, pl. 13.)

dont la publication a eu lieu en France depuis vingt-cinq années. Même parmi les ouvrages vraiment originaux, quelques-uns se rapportent assez difficilement à l'une ou à l'autre division de la botanique, parce qu'ils touchent à plusieurs en même temps. C'est donc sous cette réserve que sera insérée dans cet article général la mention des deux suivants :

Le premier est un mémoire étendu [1] que Gaudichaud regardait avec raison comme son œuvre la plus originale, et dans lequel il avait consigné, à l'appui de sa théorie de l'accroissement des végétaux, de nombreuses observations recueillies pendant ses voyages de circumnavigation. Ce travail important, après lui avoir valu l'honneur de partager, en 1835, le prix de physiologie expérimentale, institué à l'Académie des sciences par M. de Montyon, avait été inséré dans le recueil des *Mémoires des savants étrangers*. Malheureusement, si les faits dont il renferme l'exposé restent acquis à la science, les conséquences qu'il en déduisait ne sont pas admissibles en présence des expériences démonstratives qui ont détruit de fond en comble le système élevé sur cette base par ce savant et ingénieux auteur.

Le second, dû à M. Fermond [2], est encore en cours de publication. Quoique résumant plusieurs notes insérées dans divers recueils, il ne présente encore qu'une portion du tableau que son auteur se propose de tracer. Dès lors il y aurait à craindre d'en donner une idée peu exacte en essayant de résumer en peu de mots des théories incomplétement développées jusqu'à ce jour, et pour ce motif il suffira d'en consigner ici, en ce moment, la simple mention.

[1] Recherches générales sur l'organographie, la physiologie et l'organogénie, par Ch. Gaudichaud. (*Mémoires des savants étrangers*, VIII, 1843, p. 1-130, pl. 1-18.)

[2] Essai de phytomorphie, ou étude des causes qui déterminent les principales formes végétales, par M. Ch. Fermond; tome I, in-8° de IV, XXXVI et 644 pages, avec 16 planches. Paris, 1864.

# CHAPITRE II.

## ANATOMIE VÉGÉTALE.

La structure anatomique des végétaux a été étudiée avec soin, dans ces dernières années, par divers botanistes français, parmi lesquels certains en ont fait l'objet, sinon exclusif, au moins principal de leurs travaux. Les immenses perfectionnements qui, pendant le même espace de temps, ont été apportés à la construction du microscope, ont mis entre leurs mains un instrument précieux qui leur a permis de rechercher les détails les plus intimes de l'organisation, et, grâce à ce puissant auxiliaire, en faisant en outre, dans beaucoup de cas, intervenir dans leurs recherches les réactifs que la chimie mettait à leur disposition, ils ont jeté du jour sur un grand nombre de questions. Toutefois ce champ de recherches est tellement vaste, que les efforts réunis de tous les botanistes modernes n'en ont encore fertilisé qu'une assez faible portion, et une riche moisson est promise à tous ceux qui en feront à l'avenir l'objet de leurs travaux persévérants.

Il est peu facile d'établir un classement tant soit peu précis entre les écrits qui ont été publiés relativement à l'anatomie végétale, ainsi qu'entre les points sur lesquels ils portent. Celui qui, faute de mieux, sera suivi dans ce relevé, séparera en deux articles distincts les ouvrages généraux et les mémoires relatifs, 1° à la structure anatomique considérée dans une grande division du règne végétal, ou dans un groupe naturel, ou dans une seule espèce, ou enfin dans un organe; c'est là ce qu'on peut regarder comme l'anatomie végétale proprement dite; 2° à l'examen spécial des tissus végétaux et des matières soit organiques, soit inorganiques contenues dans leurs cavités: c'est ce qu'on pourrait appeler l'anatomie

fine des végétaux. Chacun de ces deux articles, à son tour, sera subdivisé en paragraphes, entre lesquels on ne peut s'attendre à voir une ligne de démarcation rigoureusement tracée, mais qui néanmoins permettront d'établir un ordre suffisant dans cette énumération de travaux aussi divers de nature que d'objet.

ART. 1er. — ANATOMIE DES PLANTES ET DES ORGANES.

Ce qui vient d'être dit suffit pour faire comprendre la nécessité de subdiviser cette catégorie considérable de travaux anatomiques en raison de la diversité de circonscription que ceux-ci peuvent offrir.

§ 1. Anatomie d'une grande série de végétaux.

En tête des travaux qui rentrent dans cette catégorie vient se placer le grand ouvrage dont M. Chatin a entrepris la publication en 1854, et auquel il a donné le titre d'*Anatomie comparée des végétaux*[1]. Le plan que s'est tracé l'auteur de cet ouvrage devrait l'amener à décrire et figurer successivement tous les types de structure que peut réunir l'immense série des végétaux phanérogames. Afin de rendre possible l'exécution au moins partielle d'une semblable entreprise, pour la réalisation de laquelle les bornes de la vie humaine seraient certainement trop étroites, il a divisé les plantes dont il doit s'occuper en quatre catégories d'étendue fort inégale; ce sont les plantes aquatiques, les plantes parasites, les plantes aériennes et les plantes terrestres; ces dernières forment assurément plus des 19/20 de l'ensemble; aussi ne doivent-elles être étudiées par lui que dans certains types choisis. De 1854 jusqu'à ce jour, M. Chatin a fait paraître treize livraisons de son *Anatomie comparée*. Sur ce nombre, deux sont relatives aux végétaux aquatiques; elles com-

[1] Anatomie comparée des végétaux, comprenant, 1° les plantes aquatiques, 2° les plantes parasites, 3° les plantes aériennes, 4° les plantes terrestres, par M. G.-A. CHATIN; grand in-8°, avec planches gravées. Ouvrage commencé en 1854. Paris, chez J.-B. Baillière et fils.

prennent quatre-vingt-seize pages de texte avec vingt planches, et les familles dont elles traitent sont celles des Hydrocharidées, des Alismacées, des Butomacées et des Juncaginées. Les onze autres livraisons forment cinq cent vingt-huit pages de texte avec cent dix planches; elles se rapportent aux familles suivantes : Cuscutacées, Cassythacées, Orobanchées, Epirhizanthées, Rhinanthacées, Monotropées, Thésiacées, Loranthacées, Cytinées et Balanophorées. La division des plantes parasites approche ainsi de sa terminaison; celle des plantes aquatiques est seulement commencée, et les deux autres, qui ont une étendue incomparablement plus vaste, n'ont pas été encore abordées. Toutefois, parmi les plantes qualifiées par lui d'aériennes, M. Chatin a étudié déjà la famille des Orchidées, au sujet de laquelle il a publié ailleurs deux mémoires[1] relatifs, l'un à l'anatomie des racines, l'autre à celle du rhizome, de la tige et des feuilles considérées dans celles de ces Monocotylédones qui croissent, dans les pays chauds, appliquées contre l'écorce des arbres et sans rapport direct avec le sol. Il a, de plus, dans diverses notes en général succinctes, fait connaître des particularités intéressantes que lui a révélées l'étude anatomique de quelques autres types. On sent que, dans un relevé concis comme celui-ci, il est impossible d'entrer dans le détail des faits en nombre immense qui sont consignés dans ces travaux; au reste, l'espace ne fît-il pas défaut, l'absence de figures en rendrait l'exposé presque impossible à suivre; il est donc prudent de se borner aux courtes indications qui précèdent, et de renvoyer le lecteur à ces écrits mêmes, sans essayer d'en donner un aperçu qui serait de tous points insuffisant.

Sans étendre ses études à une aussi vaste série de végétaux, M. Gustave Regnault les a néanmoins fait porter sur un groupe

[1] Anatomie des plantes aériennes de l'ordre des Orchidées; 1er mémoire : anatomie des racines; 2e mémoire : anatomie du rhizome, de la tige et des feuilles, par M. G.-A. Chatin. (*Mémoires de la Société impériale des sciences naturelles de Cherbourg*, IV, 1856, p. 3-16; V, p. 33-70, pl. 1-2.)

considérable, qui réunit plusieurs familles naturelles; ce grand groupe a été formé par M. Brongniart, parmi les Dicotylédones dialypétales, sous la dénomination de Cyclospermées, qui en rappelle le caractère essentiellement distinctif, c'est-à-dire l'embryon de la graine courbe ou tout au moins arqué de manière à embrasser plus ou moins complétement un albumen farineux. Sous cette dénomination commune se rangent dix familles, parmi lesquelles les plus importantes sont celles des Cactées, des Chénopodées, des Amarantacées et des Caryophyllées. M. G. Regnault a cherché à reconnaître si, avec le caractère organique commun par lequel elles se distinguent, les Cyclospermées auraient une structure anatomique homogène, ou du moins à laquelle on pût assigner quelques traits communs. L'étude détaillée qu'il en a faite dans un mémoire étendu et plein de faits [1] l'a conduit à cette conclusion, que, au milieu de variations anatomiques plus ou moins prononcées de l'une à l'autre des familles qu'ils constituent, ces végétaux se ressemblent par la présence de tissu générateur au milieu de leur corps ligneux et parce que ce corps ligneux lui-même n'est pas subdivisé en couches annuelles concentriques. Il est à présumer que d'autres grands groupes possèdent également des caractères anatomiques en rapport avec leurs caractères organiques; c'est afin de provoquer des recherches dans cette voie que l'Académie des sciences de Paris avait ouvert, en 1862, un concours qui malheureusement n'a pas donné de résultats satisfaisants.

Quelques familles ont été l'objet de recherches spéciales sous le rapport de la structure anatomique des végétaux qui les forment. Il a été question plus haut de l'étude organographique des lianes, que A. de Jussieu a résumée dans sa belle monographie des Malpighiacées; une histoire plus spécialement anatomique du même

[1] Recherches sur les affinités de structure des tiges des plantes du groupe des Cyclospermées, par M. Gust. Regnault; thèse pour le doctorat ès siences naturelles; in-4° de 98 pages et 9 planches, Paris, 1861. (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, 1860, XIV, p. 73-166, pl. 4-9.)

sujet avait été publiée un peu auparavant[1] par ce botaniste éminent. A ce que l'on connaissait auparavant, grâce aux travaux de M. J. Decaisne et de Gaudichaud, il avait ajouté un exposé circonstancié du remarquable enchevêtrement qu'offrent les couches ligneuses et corticales, non-seulement dans les tiges des Malpighiacées, objet essentiel de ses observations, mais encore dans celles des Sapindacées, des Bignoniacées, des Légumineuses, des Ménispermées et des Gnétacées, dans les cas où ces végétaux deviennent grimpants et prennent ainsi le port spécial des lianes. Les écrits postérieurs ont ajouté des faits de détails et des interprétations assez divergentes, mais le beau mémoire de notre célèbre botaniste n'en est pas moins resté la base fondamentale de nos connaissances sur ce point intéressant de l'anatomie végétale.

Une famille de plantes qui prennent souvent le port de lianes, celle des Aristolochiacées, a été étudiée en détail par M. Duchartre, dont le mémoire, présenté à l'Académie des sciences de Paris, avec un grand nombre de dessins, est resté inédit, et n'a été résumé que succinctement, soit dans une note imprimée dans les *Comptes rendus*[2], soit dans le rapport dont il a été l'objet par M. Tulasne, organe, en cette circonstance, de la section de botanique[3]. Les principaux faits qui ressortent de cette étude relativement à la tige sont : 1° que le bois s'y montre formé de faisceaux comme digités vers l'extérieur, et non subdivisés en couches annuelles, même dans les cas où la distribution des vaisseaux dans la masse ligneuse dessine des zones concentriques qu'on serait porté, au premier coup d'œil, à croire en rapport avec les années;

[1] Sur les tiges de diverses lianes, et particulièrement sur celles de la famille des Malpighiacées, par A. de Jussieu. (*Annales des sciences naturelles*, 2e série, XV. 1841, p. 234-256.)

[2] Recherches sur la végétation et la structure anatomique des Aristolochiées, par M. P. Duchartre, insérées dans les *Comptes rendus*, XXXVIII, 1854, p. 1141-1144.

[3] Rapport sur les travaux de M. Duchartre relatifs aux plantes de la famille des Aristolochiées; commissaires : MM. Brongniart, Montagne, Moquin-Tandon, Tulasne, rapporteur. (*Comptes rendus*, XXXIX, 1854, p. 1040-1044.)

2° que le liber, après avoir formé une zone continue, se partage en nombreux petits faisceaux qui n'ont pas une relation régulièrement symétrique avec ceux du bois.

Il existe une famille de plantes que leur port analogue à celui des Palmiers et leur organisation entière distinguent entre toutes, à ce point que, bien que leur embryon soit dicotylédoné, on les a longtemps classées parmi les Monocotylédones; ce sont les Cycadées, que leurs organes reproducteurs font admettre, sans doute possible, parmi les Gymnospermes. Entre diverses singularités de leur structure, l'une des plus remarquables est que les couches concentriques qui se dessinent visiblement dans la masse de leur bois sont très-peu nombreuses et résultent chacune de plusieurs années de végétation. M. Lestiboudois a cherché[1] à jeter du jour sur cette partie de l'organisation des Cycadées. Ses observations lui ont appris que le développement ligneux, dans ces végétaux, a lieu, comme chez les Dicotylédones ordinaires, par formation annuelle de bois et d'écorce due à une zone génératrice; mais la limite entre ces couches annuelles est inappréciable à cause de l'homogénéité complète de leur structure. En outre, dans les vieux troncs, l'accroissement cesse d'avoir lieu entre le bois et l'écorce; mais il se produit, dans l'enveloppe herbacée, en dehors de l'écorce fibreuse, de nouveaux faisceaux fibro-vasculaires et une nouvelle zone génératrice; plus tard même cette zone devient inerte; il s'en forme alors plus extérieurement une nouvelle, et ainsi de suite. Ces zones génératrices successives produisent des faisceaux supplémentaires qui ajoutent à la singularité de la structure de ces tiges.

Dans le grand embranchement des Monocotylédones, deux familles ont été l'objet de recherches anatomiques spéciales; ce sont celles des Aroïdées et des Zostéracées.

Les Aroïdées ont été tout récemment pour M. Van Tieghem l'objet d'un travail considérable[2], dans lequel il s'est attaché à

[1] Mémoire sur la structure des Cycadées, par M. Th. Lestiboudois. (*Comptes rendus*, LI, 1860, pages 651-655.)

[2] Recherches sur la structure des Aroï-

montrer que, dans ce groupe naturel où l'on voit s'enchaînant l'une l'autre des plantes diverses de station, de port, d'organisation florale, la structure anatomique présente aussi des modifications corrélatives, plus ou moins différentes de ce qu'on regarde, depuis les belles recherches de M. Hugo von Mohl sur les Palmiers, comme le type essentiel des Monocotylédones. Ces modifications ont permis à ce jeune et habile observateur de distinguer, dans la tige des Aroïdées, quatre types de structure. Dans le premier type, la tige n'offre pas de zone génératrice permanente; mais ses faisceaux vasculaires, produisant dans leur épaisseur de nouveaux groupes vasculaires, deviennent ainsi composés, et d'eux émanent ensuite des faisceaux simples, qui résultent de la dissociation de leurs éléments constitutifs et qui se rendent aux feuilles. Telles sont les Aroïdées unisexuées en général (*Arum*, *Alocasia*, *Philodendron*, *etc.*) et plusieurs de celles qui ont des fleurs hermaphrodites, soit sans périanthe (*Calla*), soit périanthées (*Lasia*, *Spathiphyllum*). — Dans le deuxième type, tous les faisceaux sont simples, et il y a une zone génératrice; mais celle-ci n'occupe qu'une portion de la circonférence de la tige, et c'est dans son étendue seulement que s'organisent et se terminent les faisceaux vasculaires; cette organisation est celle des Monstérinées. — Le troisième type, qui existe dans les *Anthurium* et *Pothos*, offre encore des faisceaux vasculaires simples, mais sans zone génératrice. — Enfin, dans le quatrième type, dont les *Acorus* fournissent l'exemple, les faisceaux sont simples, comme dans les deux cas précédents, mais une zone génératrice complète forme un cylindre continu et persiste au moins pendant assez longtemps. — C'est le troisième de ces types qui se rapproche le plus de la structure des Palmiers.

La famille des Zostéracées, composée de plantes monocotylédones qui croissent naturellement au fond des mers et qui presque

dées, par M. Van Tieghem; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4° de 139 pages et 10 planches, Paris, 1867. (*Ann. des sciences naturelles*, 5ᵉ série, VI, 1866, p. 72-211, pl. 1-10.)

toutes sont fort imparfaitement connues, a été examinée en détail, au point de vue de son anatomie, par M. Duchartre. Elle lui a fourni la matière de deux mémoires qui ont été présentés, en 1854, à l'Académie des sciences de Paris, accompagnés de vingt-neuf planches. Ce travail est resté inédit : mais les principaux résultats en ont été résumés dans deux notes[1] où sont exposés les caractères anatomiques les plus essentiels des genres *Zostera*, *Thalassia*, *Cymodocea* et *Posidonia*. Ces caractères consistent en ce que la tige en général rampante de ces végétaux marins offre deux types qui comprennent, l'un les *Zostera*, *Thalassia* et *Cymodocea*, l'autre le seul genre *Posidonia*. Dans le premier, un cylindre central est entouré d'une zone épaisse de parenchyme creusée de nombreuses lacunes, et dans l'épaisseur de cette zone existent des faisceaux excentriques, au nombre seulement de deux diamétralement opposés dans les Zostères, de six formant deux groupes également opposés et de trois pour chacun dans les *Thalassia*, nombreux et rangés sur deux cercles concentriques dans le genre *Cymodocea*. Ces faisceaux excentriques manquent dans les racines. L'extérieur de l'axe est formé par une zone corticale uniquement cellulaire dans les *Thalassia* et *Cymodocea*, parcourue de plus, dans les Zostères, par de nombreux faisceaux libériens vers sa périphérie. Le second type est offert par le genre *Posidonia* ; il est caractérisé par un grand nombre de faisceaux épars dans toute l'épaisseur d'une masse cellulaire qui constitue presque toute la tige et qui entoure un petit cylindre de parenchyme court, gorgé d'amidon ; l'axe de ce cylindre lui-même est occupé par un faisceau anguleux de cellules allongées, à parois très-épaisses. Les feuilles des Zostéracées offrent aussi de bons caractères anatomiques : dans leurs nervures unies transversalement à l'extrémité et entre lesquelles règnent souvent des canaux à air longitudinaux ; dans leur couche externe ou épidermique formée de cellules remplies de grains de chlorophylle et sous laquelle s'étendent longitudinale-

[1] Études sur les Zostéracées, par M. P. Duchartre. (*Comptes rendus*, XXXIX, 1854, p. 1008-1011, 1080-1083.)

ment, hormis chez les *Thalassia*, des fibres libériennes ordinairement groupées en faisceaux. — Ainsi l'anatomie fournit des caractères qui peuvent faire reconnaître les Zostéracées en général et chacun de leurs genres en particulier, même en l'absence des organes reproducteurs qui sont inconnus encore aujourd'hui pour la plupart d'entre elles.

§ 2. Anatomie d'espèces isolées.

Les études d'anatomie végétale exigent une attention tellement soutenue, elles doivent tenir un compte tellement exact des détails les plus minutieux de la structure intime, qu'on gagne en général à en restreindre le champ au lieu de l'agrandir.

Les résultats auxquels on arrive ainsi sont plus précis, plus complets; ils offrent de plus grandes garanties de certitude, et, s'ils n'autorisent pas de conclusions générales, ils fournissent du moins une base solide pour les généralisations que peuvent amener des travaux ultérieurs moins étroitement circonscrits. Ce sont là les motifs pour lesquels la plupart des botanistes de notre époque, au lieu d'entreprendre l'histoire structurale d'une famille entière, ou d'un ensemble de familles, se sont attachés à l'examen de l'organisation intime d'une seule espèce ou tout au plus d'un petit nombre d'espèces analogues. Mais, par cela même que ces monographies anatomiques d'espèces offrent un grand nombre de faits de détails et peu de conséquences générales, il n'est guère possible de faire autre chose, dans un relevé comme celui-ci, que de les signaler sans essayer de les résumer, sinon les développements auxquels on se verrait amené prendraient inévitablement des dimensions considérables. On ne doit donc pas s'attendre à trouver ici, à cet égard, guère plus qu'une simple mention.

A l'époque même à laquelle commence ce Rapport, une discussion des plus intéressantes fixait l'attention du monde savant. La structure des tiges des Monocotylédones ligneuses, après avoir été longtemps négligée par les botanistes, avait été étudiée, sur le Dattier,

par Daubenton, plus généralement ensuite par Desfontaines, qui avaient remarqué dans le tronc ou stipe de ces arbres un bois plus dur et formé de faisceaux plus serrés vers sa périphérie qu'à son centre. De là ces savants botanistes avaient été portés à croire que centre de ce tronc est plus jeune que sa portion périphérique, ou, en d'autres termes, que le développement s'y opère par ce centre même.

Cette théorie séduisante par sa simplicité avait été adoptée, et, quelques années plus tard, A.-P. de Candolle lui avait donné une sorte de consécration en nommant les Monocotylédones *Endogènes*, ou à développement central, par opposition avec les Dicotylédones qu'il appelait *Exogènes*, pour exprimer que leur accroissement se fait par la périphérie de leur masse ligneuse. Cependant, dès 1812, un observateur allemand d'une rare sagacité, J.-J.-P. Moldenhawer avait très-bien vu que, dans le Dattier, tous les faisceaux que renferme la tige prennent leur origine, non pas au centre de celle-ci, mais dans une zone étroite située vers sa circonférence; malheureusement son ouvrage passa presque inaperçu, et par conséquent cet énoncé, en contradiction formelle avec la théorie alors régnante, ne fut pas même remarqué. Mais, en 1831, parut le magnifique travail de M. Hugo von Mohl qui forme la préface du splendide ouvrage de M. de Martius sur les Palmiers. Grâce à ses dissections patientes et à ses études anatomiques approfondies, le savant professeur de Tubingue démontra sur de nombreux exemples que, dans ces beaux végétaux, les faisceaux prennent bien réellement naissance vers la périphérie de la tige, pour se porter de là, en montant obliquement, vers son centre, et se recourber ensuite de nouveau vers la périphérie en se rendant aux feuilles, et que, à mesure qu'il se produit de nouveaux faisceaux, ces nouveaux venus se trouvent situés plus en dehors que ceux qui existaient avant eux; en d'autres termes, il montra que le développement est aussi bien exogène dans ces Monocotylédones que dans les Dicotylédones.

Néanmoins cette nouvelle idée de la structure et de l'accroisse-

ment des Monocotylédones ne fut pas adoptée sans contestation, soit dans sa formule générale, soit dans ses détails. En France particulièrement, une contestation très-vive s'engagea sur ce sujet entre deux botanistes justement célèbres, quoique à des titres différents. Mirbel, afin de se fixer sur la réalité de l'accroissement périphérique des Monocotylédones ligneuses étudia, avec une persévérance et un soin extrêmes, le Dattier, qu'il alla observer en Algérie, le Dragonnier (*Dracæna*), et avec moins de détails quelques autres espèces. Ses études lui fournirent la matière de plusieurs travaux remarquables, dans lesquels même il remonta jusqu'à l'origine première du tissu végétal [1]. Il reconnut, comme M. H. Mohl, que l'accroissement de ces Monocotylédones est réellement exogène, mais il s'éloigna de l'anatomiste allemand touchant quelques particularités de détail.

D'un autre côté, Gaudichaud, qui avait adopté, en y apportant une modification importante, la théorie de Dupetit-Thouars, selon laquelle les faisceaux, au lieu de se rendre de la tige dans les feuilles, seraient une simple dépendance de ces derniers organes et formeraient le bois de la tige par leur prolongement inférieur, Gaudichaud s'éleva vivement, dans le sein de l'Académie des sciences, contre les travaux de Mirbel et contre ses énoncés.

A l'appui de la théorie qu'il avait déjà exposée peu auparavant dans un travail général [2], il inséra dans les *Comptes rendus*, de 1845

[1] Recherches anatomiques sur quelques végétaux monocotylés; 1er mémoire : Le Dattier, par DE MIRBEL. (*Comptes rendus*, XVI, 1843, p. 1215-1235; XIX, 1844, p. 689-699; *Ann. des sciences naturelles*, 2e série, XX, 1843, p. 5-31.) — Suite des recherches anatomiques et physiologiques sur quelques végétaux monocotylés, par le même. (*Ann. des sc. nat.* 3e serie, III, 1845, p. 321-337, pl. 13-15.) — Nouvelles notes sur le cambium, extraites d'un travail sur l'anatomie de la racine du Dattier, par le même. (*Mém. de l'Institut*, XVIII, 1842, p. 727-797, pl. 1-10; p. 799-805, pl. 11-12.)

[2] Recherches générales sur l'organographie, la physiologie et l'organogénie des végétaux, par CH. GAUDICHAUD. (*Mémoires des savants étrangers, etc.* VIII, 1843, p. 1-130, pl. 1-18; tirage à part en in-4° de 130 pages et 18 planches, Paris, 1841.)

à 1847, un grand nombre de notes successives, parmi lesquelles sept, se faisant suite, sont intitulées : Réfutation des théories établies par M. de Mirbel dans son mémoire sur le *Dracæna australis*. Il serait difficile et, dans tous les cas, peu utile de résumer ici ces nombreux écrits, qui ont pour base une théorie condamnée par les faits et par des expériences concluantes; mais, ce débat scientifique ayant fortement préoccupé l'attention publique pendant quelques années, il importait d'en rappeler ici le souvenir.

Dans ces dernières années, l'attention s'est portée de nouveau sur l'étude de la tige des Monocotylédones, particulièrement de celles qui offrent quelque chose de spécial dans leur végétation ou dans leur port. On a vu plus haut (p. 52) que les Aroïdées ont été examinées à ce point de vue par M. Van Tieghem; de son côté, M. Millardet a fait une étude attentive de l'*Yucca aloefolia*, ainsi que des *Dracæna reflexa* et *marginata* [1], c'est-à-dire de deux genres importants de Liliacées arborescentes. Les recherches de ce jeune savant lui ont montré que la tige de ces végétaux doit son grossissement à un anneau de cambium, ainsi que celle des Dicotylédones; néanmoins que l'augmentation en épaisseur ne s'y opère pas de la même manière que chez ces derniers. En effet, le cambium de ces Monocotylédones n'est, dit-il, qu'un tissu intermédiaire entre le parenchyme primordial et les faisceaux de tissu cambial, et ce sont les éléments de ces derniers faisceaux qui se développent, chacun pour son propre compte, les uns en fibres, d'autres en cellules cambiformes. Dans les *Dracæna*, ajoute-t-il, aucun des nombreux faisceaux du bois secondaire ne se rend aux feuilles; ils se terminent tous à une certaine distance au-dessous de la couronne, et ils ne se relient aux feuilles qu'au moyen de rares anastomoses avec les faisceaux du bois primordial. Enfin les petits faisceaux libériens qui occupent la périphérie du corps ligneux, et que ce botaniste

[1] Sur l'anatomie et le développement du corps ligneux dans les genres *Yucca* et *Dracæna*, par M. A. Millardet. (*Mém. de la Société impériale des sciences naturelles de Cherbourg*, XI, 1865 (ou 2e série, I), p. 319-352, 2 planches.)

nomme dès lors périphériques, sont bien distincts de ceux qui se trouvent plus en dedans et qu'il qualifie d'axiles; ils ont un trajet à peu près rectiligne, et ils se développent plus tard, leur épaississement s'opérant par leur face externe, tandis qu'il a lieu par la face interne dans les faisceaux axiles.

Il semble à propos de rapprocher de ces travaux, qui établissent nettement l'existence de différences caractéristiques entre les tiges des Monocotylédones et celles des Dicotylédones, un mémoire étendu dans lequel M. L. Marchand a cherché, au contraire, à effacer ces différences[1], en laissant subsister pour toute distinction ce principe, que les premiers n'ont qu'un seul degré de végétation, tandis qu'un certain nombre des derniers en offrent plusieurs, la direction des faisceaux, la structure intime et le développement étant, d'après lui, les mêmes de part et d'autre. Rappelons que cet écrit a donné lieu tout récemment, devant l'Académie des sciences, à des réflexions critiques de la part de M. Trécul[2]. Mentionnons encore : 1° une note de M. Baillon, publiée comme le simple commencement d'un travail étendu sur l'anatomie et la physiologie des tiges, mais où il n'a été question que du *Lemna minor*, et surtout de l'Asperge[3], et dont la suite est malheureusement restée inédite jusqu'à ce jour; 2° deux notes[4] dans lesquelles M. Germain de Saint-Pierre proposa et s'occupa de fonder sur quelques observations sa théorie des décurrences, c'est-à-dire l'opinion que les tiges sont constituées par des décurrences ou prolongements inférieurs des feuilles et par du

[1] Des tiges des Phanérogames, par le Dr L. Marchand. (*Adansonia*, V, 1864, p. 66-146, pl. 1 *bis* à 3.)

[2] Fragment d'histoire concernant l'accroissement en diamètre des végétaux, par M. A. Trécul. (*Comptes rendus*, LXIV, 1867, p. 641-651.)

[3] Études sur l'anatomie, la physiologie et le développement des tiges et des racines, par M. Baillon; publiées dans l'*Adansonia*, I, 1860-1861, p. 298-305.)

[4] Structure des tiges chez les végétaux dicotylés, observations puisées chez une forme anormale des tubercules du *Solanum tuberosum*, par M. Germain de Saint-Pierre. (*Bulletin de la Soc. bot. de France*, II, 1855, p. 90-92.) — Structure des tiges, exposition de la doctrine ou théorie des décurrences, par le même. (*Ibid.* p. 96-99.)

tissu cellulaire qui unit ces décurrences entre elles. Il est évident que cette théorie, au moins fort analogue à celle que le botaniste suédois, C.-A. Agardh, avait développée en 1829, et dont les idées de Gaudichaud n'étaient, par le fait, qu'une très-légère modification, soulève les mêmes difficultés et succombe aux mêmes objections déduites de faits précis et d'expériences inattaquables.

M. Duchartre a porté son attention sur quelques-unes des plantes de nos contrées que rendent remarquables, soit l'absence de couleur verte, soit un port particulier, soit enfin et par-dessus tout un parasitisme en général facile à constater. La plus curieuse de ces plantes est la Clandestine (*Lathræa clandestina* L., *Clandestina rectiflora* Lamk.), qui croît communément dans nos départements de l'Ouest, en attachant ses suçoirs aux racines des Saules ou des Peupliers, et qui, végétant cachée dans le sol, ne laisse voir à l'extérieur que ses grandes fleurs pourpres. Le mémoire[1] de M. Duchartre sur cette plante curieuse en embrasse l'ensemble et porte sur l'anatomie ainsi que sur le développement des divers organes qui la forment. Parmi les faits les plus saillants dont on y trouve l'indication, on peut citer : 1° la singulière organisation des feuilles pourvues de nombreux stomates en bon état, malgré leur position souterraine, creusées de plusieurs cavités que tapissent en grand nombre de petits appareils dont l'usage est inconnu et qui ressemblent à des poils courts, surmontés d'une tête renflée à deux, trois ou quatre cellules adjacentes; 2° la structure de la tige sans étui médullaire et sans rayons; 3° les caractères remarquables qu'offrent le péricarpe avec sa déhiscence élastique et les graines avec leur très-petit embryon nettement dicotylédoné, entouré d'un volumineux albumen. — Deux autres plantes analogues sous des rap-

[1] Observations anatomiques et organogéniques sur la Clandestine d'Europe (*Lathræa clandestina* L.), par M. P. Duchartre. (*Mémoires des savants étrangers*, X, 1848, p. 423-538, avec 8 planches; *Comptes rendus*, XVII, 1843, p. 1328-1331.) — Observations sur la Clandestine d'Europe; extrait relatif aux organes de la végétation, par le même. (*Ann. des sc. nat.* 2ᵉ série, XX, 1843, p. 145-155.)

ports plus ou moins nombreux ont été étudiées par le même botaniste; ce sont une Orobanche[1] et l'*Hypopitys* de nos forêts[2]. La première est parasite, pourvue de suçoirs par lesquels elle s'attache aux racines des plantes qui doivent la nourrir; la dernière, avec une apparence et une manière d'être analogues, n'a montré aucun suçoir à l'auteur, pas plus qu'à ceux qui l'ont précédé ou suivi, et néanmoins il est à présumer qu'elle emprunte son aliment aux racines au milieu desquelles elle entrelace ses parties souterraines. Dans l'une et l'autre de ces espèces, M. Duchartre n'a observé ni étui médullaire ni rayons parenchymateux caractérisés comme d'habitude.

La dernière catégorie de plantes qui ait été l'objet d'études sérieuses pour des botanistes français de notre époque est celle des espèces aquatiques, dans certaines desquelles ils ont observé des faits nouveaux et d'un grand intérêt. Le plus important des travaux exécutés dans cette direction est celui de M. Trécul sur le Nénuphar jaune de nos eaux douces[3]. Comme la généralité des espèces de la famille des Nymphéacées, à laquelle il appartient, le *Nuphar* avait été rangé, par quelques botanistes qui font autorité dans la science, parmi les Monocotylédones, par d'autres, également recommandables et plus nombreux, parmi les Dicotylédones. M. Trécul a rendu compte de cette divergence d'opinions en montrant que, malgré son embryon pourvu de deux cotylédons bien distincts, et quoique possédant la plupart des caractères qui se rattachent habituellement à cette particularité fondamentale de l'organisation, cette plante se rapproche des Monocotylédones à certains égards, notamment par la structure de sa tige et de sa racine; le premier

[1] Note sur l'anatomie de l'*Orobanche Eryngii* Vauch. par M. P. Duchartre. (*Ann. des sciences naturelles*, 3e série, IV, 1845, p. 74-79.)

[2] Note sur l'*Hypopitys multiflora*, par M. P. Duchartre. (*Revue botanique*, II, 1846-1847, p. 5-18; *Ann. des sciences naturelles*, 3e série, VI, 1846, p. 29-42.)

[3] Recherches sur la structure et le développement du *Nuphar luteum*, par M. A. Trécul. (*Ann. des sc. nat.* 3e série, IV, 1845, p. 286-345, pl. 10-13.)

de ces organes n'offre point de couches concentriques et a ses faisceaux dispersés sans ordre dans le tissu cellulaire; le second possède un cylindre central autour duquel les faisceaux vasculaires se montrent disposés en séries rayonnantes où les plus grands vaisseaux sont les plus rapprochés du centre. Cette première étude a été plus tard, pour son savant auteur, un acheminement vers des recherches du même ordre sur quelques autres Nymphéacées et sur les *Nelumbium*[1] qui en sont voisins. — Rappelons que la plus belle et aujourd'hui la plus connue de ces plantes, la *Victoria regia*, qu'on peut certainement proclamer la reine des eaux, avait, peu d'années auparavant, fourni à M. J.-E. Planchon le sujet d'un travail important[2], rempli de faits observés avec soin, dans lequel toutefois, non-seulement il indiquait des analogies de structure avec les Monocotylédones, mais encore il allait jusqu'à en décrire l'embryon comme monocotylédoné, malgré les deux cotylédons distincts qu'indiquent ses propres figures.—Terminons cette énumération en mentionnant un travail intéressant de M. Barnéoud sur la Châtaigne d'eau ou Macre[3], ainsi qu'une note remplie de faits nouveaux, due à M. Chatin[4] et relative à l'*Aldrovanda vesiculosa* L. plante étrange sous tous les rapports, que M. Durieu de Maisonneuve venait alors de retrouver dans l'étang de la Canau, à quelque distance de Bordeaux, là même où Dunal l'avait vue plusieurs années auparavant.

[1] Études anatomiques et organogéniques sur la *Victoria regia*, et anatomie comparée du *Nelumbium*, du *Nuphar* et de la *Victoria*, par M. A. Trécul. (*Ann. des sciences naturelles*, 4e série, I, 1854, p. 144-172, pl. 12-14.)

[2] La *Victoria regia*, au point de vue horticole et botanique, avec des observations sur la structure et les affinités des Nymphéacées, par M. J.-E. Planchon. (*Flore des serres*, VI, 1850-1851, p. 191-224, 249-254; VII, 1851-1852, p. 25-29, 49-53, avec six planches noires analytiques et plusieurs planches coloriées.)

[3] Mémoire sur l'anatomie et l'organogénie du *Trapa natans*, par M. Barnéoud. (*Ann. des sciences naturelles*, 3e série, IX, 1848, p. 222-244, pl. 12-15.)

[4] Faits d'anatomie et de physiologie pour servir à l'histoire de l'*Aldrovanda*, par M. Chatin. (*Comptes rendus*, XLVIII, 1859, p. 255-259; *Bulletin de la Société botanique de France*, V, 1858, p. 580-586.)

### § 3. Anatomie d'organes.

L'anatomie des organes fournit de précieux éléments pour la connaissance de la structure des plantes tout entières; néanmoins il est assez rare que des anatomistes s'attachent à écrire de ces monographies organiques, si ce n'est dans les cas où un organe offre, dans une espèce en particulier, des modifications spéciales ou des particularités caractéristiques. Pour ce motif, on n'a pas à citer un grand nombre de travaux dans lesquels soit examinée la structure d'un organe ou d'une portion d'organe à un point de vue général. C'est ainsi, par exemple, que M. Chatin a recherché les caractères anatomiques de cette modification des tiges qu'une situation le plus souvent souterraine et le manque ordinaire de couleur verte ont fait prendre longtemps pour une racine et ont fait désigner plus récemment sous la dénomination spéciale de *Rhizome*. Une comparaison attentive avec la tige aérienne, dans plusieurs plantes qui possèdent à la fois l'une et l'autre, a conduit ce botaniste à poser en principe[1] que les rhizomes ont des caractères anatomiques propres parmi lesquels le plus saillant, dans la généralité des Dicotylédones, résulte de ce qu'on n'y trouve pas les vraies trachées qui, comme on le sait, appartiennent essentiellement à l'étui médullaire.

M. Ach. Guillard a porté son attention sur la moelle des plantes ligneuses[2]. Dans les bourgeons, il la distingue en moelle naissante ou en voie d'organisation et en moelle expectante, c'est-à-dire déjà bien formée, mais restant à peu près stationnaire depuis l'été jusqu'au printemps; d'un autre côté, dans les rameaux et les tiges, ce corps central, généralement regardé comme unique, lui a offert

[1] Sur les caractères anatomiques des rhizomes, par M. Chatin. (*Comptes rendus*, XLVI, 1858, p. 730-733; *Bulletin de la Société botanique de France*, V, 1858, p. 39-44.)

[2] Observations sur la moelle des plantes ligneuses, par M. Ach. Guillard. (*Ann. des sciences naturelles*, 3e série, VIII, 1847, pl. 295-325, p. 16-19.)

quatre portions situées et caractérisées de la manière suivante : la moelle *annulaire*, essentiellement vivante, formée d'un tissu serré, disposée en cylindre creux à l'intérieur du corps ligneux, continue dans tout le végétal, constamment en contact, par sa surface externe, avec les vaisseaux de l'étui médullaire; la moelle *rayonnante*, ou les rayons médullaires; la moelle *morte*, qui reste à la base de tous les bourgeons, de tous les rameaux; enfin la moelle *centrale*, qui forme la plus grande partie du volume de la masse médullaire, qui occupe le cylindre de la moelle annulaire et dont la substance est sèche.

Si, comme on l'a vu plus haut, les botanistes ont étudié avec un soin particulier la tige et sa structure à cause de la large part que prend cet organe à la formation de l'ensemble du végétal, ils se sont en général beaucoup moins préoccupés de la racine, qui semblait avoir moins d'importance au même point de vue. Néanmoins la botanique française a doté la science de quelques travaux d'un intérêt majeur sur ce sujet. C'est M. Trécul qui a fait le plus dans cette direction. Déjà, dans son grand travail sur le *Nuphar*, il avait donné une attention particulière à l'examen des racines adventives et à la recherche de leur origine; immédiatement après ces premières études, il a généralisé ses recherches; il a traité la question dans son ensemble, et il en a tiré le sujet de deux mémoires publiés à quelques mois d'intervalle [1]. Les résultats derniers des nombreuses observations rapportées dans ces écrits sont : que toujours une racine adventive commence à se montrer sous la forme d'une petite masse cellulaire qui prend naissance sous l'écorce et à la surface du système fibro-vasculaire, c'est-à-dire du corps ligneux de la tige, et dans laquelle on voit bientôt apparaître des vaisseaux qui

[1] Recherches sur l'origine des racines adventives, par M. Trécul. (*Comptes rendus*, XXII, 1846, p. 986.) — Extrait d'un mémoire intitulé *Recherches sur l'origine des racines*, par le même. (*Ann. des sciences naturelles*, 3e série, V, 1846, p. 340-349.) — Recherches sur l'origine des racines, par le même. (*Ibid.* VI, 1846, p. 303-345, pl. 15-19.)

ne tardent pas à relier cette jeune racine au bois sur lequel elle est née. Quant au lieu précis de ce dernier qui sert de point de départ à ces formations nouvelles, il se trouve situé tantôt vis-à-vis des rayons médullaires, tantôt à la surface d'une couche ligneuse dépourvue de ces rayons, tantôt sur un faisceau avec lequel les vaisseaux de la racine sont en communication, tantôt enfin loin des faisceaux fibro-vasculaires avec lesquels ces racines adventives seront mises ensuite en communication par leurs vaisseaux. Plus tard, l'observation d'une monstruosité de Betterave a fourni à ce botaniste l'occasion de faire connaître des faits intéressants que présentent la structure et l'origine des radicelles dans cette plante[1]; notamment il a montré que ces radicelles naissent d'un étroit cylindre fibro-vasculaire central, et ne sont par conséquent ni le prolongement ni le produit des couches plus externes du corps de la racine, fait capital qui renverse toutes les idées de quelques auteurs antérieurs sur la formation des racines par ce qu'ils ont nommé *filets radiculaires descendants*.

Un autre point important de la structure et de la physiologie des racines a été examiné avec soin par MM. Garreau et Brauwers, qui en ont fait le sujet d'un mémoire intéressant[2]. Des études précises avaient appris que l'extrémité même des radicelles et des fibrilles radicellaires, au lieu d'être formée par un tissu cellulaire naissant, comme on l'avait cru longtemps, est, au contraire, munie d'un abri protecteur constitué par une sorte de coiffe composée d'une substance assez ferme, ou par une pilorhize. En outre, quelques observations amenées par un heureux hasard avaient montré à M. Goldman, et après lui à Link, que cette même extrémité des racines subit une perte graduelle de ses cellules superficielles, ou

[1] Note sur la structure des racines et en particulier sur une radicelle monstrueuse de Betterave, par M. Trécul. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, II, 1855, p. 102-107.)

[2] Recherches sur les formations cellulaires, l'accroissement et l'exfoliation des extrémités radiculaires et fibrillaires des plantes, par MM. Garreau et Brauwers. (*Annales des sciences natur.* 4e série, X. 1858, p. 181-192, pl. 14.)

une véritable exfoliation. MM. Garreau et Brauwers ont étudié avec soin ce phénomène sur des plantes diverses, et ils ont ainsi reconnu que l'exfoliation de la pilorhize s'opère tantôt par désunion complète des cellules au milieu d'une couche visqueuse, tantôt par isolement de sortes de coiffes composées de cellules qui n'adhèrent que faiblement entre elles et qui sont pénétrées d'une substance visqueuse, tantôt enfin par la séparation de lambeaux ou même de couches à peu près complètes, dont les cellules sont fortement unies entre elles. La connaissance de ces faits a beaucoup d'intérêt, parce qu'elle permet d'expliquer différents faits pour l'interprétation desquels on a émis des idées divergentes.

La structure anatomique des feuilles semblait parfaitement connue, grâce au beau travail dans lequel M. Brongniart en avait fait connaître, dès 1830, le type fondamental avec ses principales modifications; néanmoins une étude attentive de ces organes, dans la famille des Orchidées, a fourni à M. Trécul des faits nouveaux et intéressants[1]. Il a constaté en effet que, si les feuilles de ces Monocotylédones, dans la plupart des cas, ont un parenchyme vert ordinaire, homogène ou peu dissemblable dans toute leur épaisseur, elles s'écartent aussi, dans d'autres cas, de cette structure fort simple, et cela de manière à former deux types particuliers: tantôt à leur parenchyme général vert s'entremêlent sans ordre de nombreuses cellules spiralées, incolores; et tantôt aussi leur parenchyme vert forme une zone moyenne, séparée des deux épidermes par deux couches incolores, dont celle qui regarde la face inférieure est composée de cellules spiralées.

Les organes les plus petits et d'ordre le plus inférieur n'ont pas été négligés par nos botanistes; c'est ainsi que diverses sortes de poils et de glandes ont fourni la matière de travaux qui nous ont appris des particularités curieuses.

Parmi les poils d'une organisation particulière, il en est de fort

[1] Observations sur la structure des feuilles des Orchidées, etc. par M. Trécul. (*Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 445-452.)

remarquables qu'on nomme *étoilés*, parce qu'ils présentent, sur un support généralement court, un disque formé de cellules rayonnantes autour d'un point central; or, certains de ceux-ci s'étant offerts à M. Chatin sur la face inférieure des feuilles de la Callitriche, ce botaniste les a regardés comme un organe nouveau, spécialement destiné à soutenir cette plante dans l'eau. Il a cru dès lors devoir leur donner un nom, et il les a nommés *des Cysties*[1]; mais, en poursuivant ses études, il a constaté l'existence de formations semblables sur d'autres plantes soit aquatiques, soit surtout terrestres; il s'est rappelé même que M. Duchartre en avait trouvé antérieurement de pareilles dans les cavités des feuilles de la Clandestine, et il a dû dès lors modifier ses premières idées à ce sujet[2]. Il semble toutefois avoir continué à penser que ces petits appareils ne sont pas sans analogie avec les stomates quant à leur origine première. — Cette manière de voir a été combattue par M. Prillieux, qui, en décrivant des formations toutes semblables sur les feuilles des Oléacées et des Jasminées, et en en exposant le développement, a fort bien prouvé[3] que ce sont de simples poils étoilés qui proviennent d'une cellule de l'épiderme, absolument comme tous les analogues qui étaient connus sur d'autres plantes, particulièrement sur les Éléagnées.

Une autre espèce fort singulière de productions superficielles se trouve sur les feuilles des *Drosera* ou Rossolis; ce sont des sortes de petits filaments qu'on décrit habituellement comme des poils glandulifères, et dont chacun consiste en un filet surmonté d'une tête renflée et glanduleuse, qui sécrète un liquide visqueux; seulement ceux de ces poils qui bordent la feuille diffèrent notablement, pour la forme et pour le développement de la glande, de ceux qui en hérissent la surface. On savait déjà, par les observations de

[1] Des Cysties, organe nouveau observé sur les *Callitriches*, par M. Chatin. (*Bull. de la Soc. bot. de Fr.* II, 1855, p. 295-299.)

[2] Seconde note sur les Cysties, par M. Chatin. (*Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 772-775.)

[3] De la structure des poils des Oléacées et des Jasminées, par M. Éd. Prillieux. (*Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 769-772; *Annales des sciences natur.* 4e série, V, 1856, p. 5-14, pl. 2-3.)

Meyen, que ces processus glandulifères, ou, si l'on veut, ces poils glandulifères ont une structure complexe et renferment même des trachées qui les parcourent dans leur longueur. M. Trécul en a repris et complété l'étude [1], et l'examen qu'il en a fait lui a laissé l'idée que ce sont de véritables poils, seulement plus complexes de structure que leurs analogues. Par l'effet d'une coïncidence remarquable, la Société botanique de France recevait, au même moment, de M. Groenland, une communication sur le même sujet, dont l'objet principal était de montrer, par l'histoire du développement, que les processus glandulifères des *Drosera* ne sont pas autre chose que des lobes de la feuille, et non des poils [2].

Quant aux glandes, il en est trois sortes différentes dont se sont occupés divers botanistes. Les plus remarquables sont celles qui se trouvent dans l'ovaire de plusieurs Monocotylédones, au milieu même de l'épaisseur des cloisons, et qui versent au fond de la fleur, par leur conduit excréteur, le liquide sucré produit par leurs cellules. M. Ad. Brongniart en a fait un examen approfondi [3]; il a montré que ces glandes *septales*, comme il les nomme, existent dans l'ovaire des Liliacées, des Amaryllidées, des Broméliacées, des Cannées et des Musacées, et qu'elles peuvent fournir des caractères pour la classification, surtout à cause de quelques différences dans le niveau où s'ouvre leur canal excréteur et de l'étendue qu'elles occupent dans les cloisons de l'ovaire. — D'autres glandes florales ont été examinées, par M. Menière, quant au liquide qu'elles produisent. Ce sont celles qui se trouvent dans la

[1] Note sur les poils glanduleux des feuilles du *Drosera rotundifolia*, par M. Trécul. (*Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 355-358.) — Organisation des glandes pédicellées des feuilles du *Drosera rotundifolia*, par le même. (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, III, 1855, p. 303-311, pl. 10.)

[2] Note sur les organes glanduleux des *Drosera*, par M. Groenland. (*Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 395-396; *Annales des sciences natur.* III, 1855, p. 297-303, pl. 9.)

[3] Mémoire sur les glandes nectarifères de l'ovaire dans diverses familles de plantes, par M. Ad. Brongniart. (*Annales des sciences natur.* 4e série, II, 1854, p. 5-23, pl. 1-4.)

grande fleur des *Coryanthes*, de la famille des Orchidées, sous l'apparence de deux petites cornes obtuses, placées symétriquement à la base commune du gynostème et du labelle[1]. Leur nature est cellulaire; une ou deux heures après l'épanouissement de la fleur, chacune d'elles montre à son extrémité une goutte de liquide transparent, incolore, sucré et légèrement visqueux. Au bout d'une demi-heure environ, la goutte ayant grossi peu à peu, son poids l'entraîne et la fait tomber; une autre lui succède, et ce curieux phénomène se reproduit, sans interruption, pendant une centaine d'heures. M. Baillon a fait ensuite, à son tour, de ces glandes l'objet d'une étude spéciale qui a porté sur leur structure anatomique et sur leur rôle physiologique, comme on le verra plus loin.

Enfin un organe glanduleux fort singulier, dont la structure était cependant inconnue, a été pour M. Personne l'objet de recherches anatomiques et chimiques[2]. Il se trouve sur les bractées qui abritent le fruit du Houblon (*Humulus Lupulus* L.), et il donne à l'espèce de cône de cette plante les propriétés qui en déterminent l'emploi journalier en médecine, ainsi que pour la fabrication de la bière. Du nom latin de la plante qui le présente, l'auteur l'a nommé *Lupulin*. Il se montre sous l'apparence de petits grains jaunes, superficiels, dont chacun ressemble assez, en petit, à un gland de Chêne enchâssé dans sa cupule. Il est entièrement creux: son hémisphère inférieur est formé d'une seule couche de cellules qui sont l'organe glanduleux et sécréteur; l'espèce de couvercle presque conique qui en forme la moitié supérieure n'est constitué que par une pellicule très-mince, non cellulaire; enfin la cavité embrassée par ces deux parties est le réservoir dans lequel s'accumule le liquide produit par la glande. Or ce liquide est fort

[1] Note sur la sécrétion d'un liquide abondant par l'organe glanduleux des *Coryanthes*, par M. Menière. (*Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 351-355.)

[2] Extrait d'un mémoire intitulé Histoire chimique et naturelle du lupulin, par M. J. Personne. (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, I, 1854, p. 299-312, pl. 17.)

complexe de sa nature, et l'analyse chimique y a fait reconnaître des principes volatils, consistant en acide valérianique, avec une huile essentielle, et des matières fixes, dont l'une est amère, connue sous le nom de lupuline, tandis que l'autre est de nature résineuse.

### Art. 2. — Examen des tissus végétaux considérés en eux-mêmes ou quant à leur contenu.

L'article précédent a eu pour objet le relevé des travaux dans lesquels la structure végétale est étudiée chez des végétaux tout entiers, ou tout au moins dans des organes complets. Mais les recherches des botanistes ne se sont pas circonscrites dans ce cercle; aujourd'hui que le perfectionnement du microscope a considérablement reculé les limites de l'observation possible, les détails les plus intimes et les plus délicats de l'organisation végétale sont abordés sans difficulté, et non-seulement la nature des éléments anatomiques considérés en eux-mêmes, mais encore celle des corps extrêmement divers de forme et de composition chimique, qui sont produits ou déposés dans leur intérieur, deviennent l'objet de recherches persévérantes et fructueuses. Pour rattacher ces divers sujets d'études à un plan méthodique, on peut s'occuper d'abord des parties formées par les cellules et vaisseaux groupés, examiner ensuite ces éléments anatomiques en eux-mêmes, les suivre dans les transformations que subit quelquefois la substance de leurs parois, enfin passer à l'observation des matières diverses que peut renfermer leur cavité. Il résultera de cette division trois paragraphes qui, en général, pourront être subdivisés à leur tour.

#### § 1. Tissus considérés dans leur groupement.

Les cellules et les vaisseaux se groupent de manière à constituer les parties de substance végétale dont l'ensemble forme les organes. Parmi ces parties, l'une est extérieure; c'est l'épiderme qui recouvre toutes les plantes à peu d'exceptions près; les autres sont intérieures, comme les couches de l'écorce, du bois, les faisceaux

fibro-vasculaires, etc. Voyons les travaux auxquels a donné lieu l'examen de ces diverses parties.

A. *Épiderme*. Cette enveloppe protectrice est la réunion de deux formations unies en un ensemble unique : 1° extérieurement la cuticule, sorte d'enduit plus ou moins consistant, formant comme un fourreau général à chaque organe; 2° l'épiderme proprement dit, constitué par une, plus rarement deux, trois ou même quatre assises de cellules intimement unies entre elles par leurs parois latérales; l'épiderme forme ainsi une membrane continue et fermée dans toute son étendue, excepté sur les points où une séparation locale et assez tardive des membranes cellulaires a produit çà et là les petites perforations ou ostioles des stomates.

Relativement à l'épiderme proprement dit, M. Chatin a montré[1] que si, en règle générale, les cellules en sont dépourvues de chlorophylle, il est aussi des cas dans lesquels elles renferment cette matière, quoique la membrane qu'elles forment porte des stomates. Les plantes qui offrent cette particularité sont organisées, pense-t-il, pour vivre aussi bien dans l'eau que dans l'air, puisqu'elles ont, par leurs stomates, la respiration ordinaire, s'opérant au moyen de l'air en nature, tandis que, d'un autre côté, leur épiderme à chlorophylle leur permet de prendre l'air dissous dans l'eau et d'exécuter ainsi un phénomène analogue à la respiration branchiale. Antérieurement M. Duchartre avait montré que les feuilles submergées des Zostéracées ont un épiderme parfaitement distinct du tissu sous-jacent, et qui renferme cependant à peu près toute la chlorophylle à laquelle ces organes doivent leur verdure. Poursuivant ses observations sur l'épiderme, M. Chatin en a cherché les relations avec le parenchyme sous-jacent. Il est arrivé ainsi à constater[2]

[1] Note sur la présence de matière verte dans l'épiderme des feuilles de l'*Hippuris vulgaris*, du *Peplis Portula*, des *Jussiæa longifolia* et *lutea*, de l'*Isnardia palustris* et du *Trapa natans*, par M. Chatin. (*Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 674-675.)

[2] De l'existence de rapports entre la nature de l'épiderme et celle du parenchyme des feuilles, par M. Chatin.

que, lorsque ce parenchyme est de la même nature vers les deux faces des feuilles, les deux épidermes, supérieur et inférieur, sont semblables entre eux, tandis qu'ils diffèrent l'un de l'autre pour le contour et l'arrangement de leurs cellules, lorsque le parenchyme foliaire offre des caractères différents vers les deux faces de la feuille.

A l'étude de la couche épidermique se rattache celle des stomates qu'elle porte et qui en sont une dépendance. La formation de ces petits appareils, qui avait été déjà l'objet d'observations nombreuses, a été suivie, sur l'Éphémère des jardins, par M. Garreau[1]. Cet observateur a cru y trouver de nouveaux faits à l'appui de l'idée que la formation des membranes de cellulose dépend des matières protéiques contenues dans les cellules; il a cru voir aussi que l'ostiole de chaque stomate se forme, non par dissociation et écartement sur ce point des membranes des deux cellules stomatiques jusqu'alors unies en un seul corps, mais bien parce que ces deux membranes seraient, dès l'origine, uniquement appliquées l'une contre l'autre et non pas soudées entre elles, comme on l'admet généralement.

Quant à la cuticule, c'est-à-dire au revêtement sans organisation appréciable qui couvre extérieurement l'épiderme, le même observateur a cherché à reconnaître[2] si, comme l'ont pensé plusieurs anatomistes, elle est le produit inerte d'une sécrétion des cellules épidermiques, ou si, au contraire, elle est indépendante de celles-ci. Il a été conduit à adopter cette dernière manière de voir en constatant que la cuticule existe sur la plante avant même que l'épiderme soit distinct; il a reconnu aussi qu'elle se montre à la surface d'organes intérieurs comme les ovules; il a donné comme résultat

(*Bulletin de la Société botanique de France*, IV, 1857, p. 290-292.)

[1] Mémoire sur la formation des stomates dans l'épiderme des feuilles de l'Éphémère des jardins, et sur l'évolution des cellules qui les avoisinent, par M. Garreau. (*Annales des sciences natur.* 4e série, I, 1854, p. 213-219, pl. 15.)

[2] Nature de la cuticule, ses relations avec l'ovule, par M. Garreau. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, XIII, 1850, p. 304-315, pl. 9-10.)

de ses études et de ses analyses cet énoncé général, que la cuticule est un organisme vivant, constitué par une matière particulière, à composition ternaire, essentiellement différente de la cellulose, dont la formule ($C^{17} H^{16} O^{5}$) représente assez exactement du caoutchouc. Il importe de rappeler qu'on admet aujourd'hui, à la suite de travaux récents, dignes de toute confiance, deux parties distinctes comme réunies sous le seul nom de cuticule : la cuticule proprement dite, à l'extérieur, et les couches cuticulaires de l'épiderme, dont l'origine et la nature ne sont certainement pas identiques. — Quelques années plus tard, la même couche protectrice a été examinée attentivement par M. Trécul[1], qui en a recherché l'origine, le développement, et qui l'a même suivie à l'intérieur des végétaux. D'après cet habile observateur, c'est un dédoublement de la paroi extérieure des cellules de l'épiderme qui donne naissance à la cuticule; les deux membranes qui résultent de ce dédoublement se montrent d'abord sous le même aspect et ont une épaisseur égale, tandis que, si l'une d'elles était sécrétée par l'autre, elle en différerait certainement à ces deux points de vue. Lorsque la cuticule proprement dite s'est séparée de la paroi cellulaire, celle-ci sécrète à sa face externe une série de couches très-minces qui restent disposées concentriquement et qui sont parallèles à la surface de laquelle elles émanent. Ce sont ces couches que MM. H. von Mohl et Schacht appellent *cuticulaires*. On voit que cette opinion repose sur une base entièrement opposée à celle sur laquelle M. Garreau appuyait la sienne. Ce dernier observateur admet pour la cuticule une apparition antérieure à celle des cellules épidermiques, tandis que M. Trécul fait provenir cette couche externe de l'épiderme lui-même, qui, par conséquent, doit exister avant elle. Une fois que les diverses assises, réunies habituellement sous la dénomination collective de cuticule, ont été produites de la manière qui vient d'être indiquée, leur substance subit graduellement, et de dehors

[1] Mémoire sur l'origine et le développement de la cuticule, par M. Trécul. (*Comptes rendus*, XLII, 1856, p. 579-583, 621-625.)

en dedans, une modification dont il est plus facile de reconnaître les résultats que la nature même, de telle sorte que, dans certaines plantes, les réactifs permettent de distinguer finalement, de l'extérieur à l'intérieur, la cuticule proprement dite; sous elle les couches cuticulaires qui brunissent quand on les traite par l'iode et l'acide sulfurique; plus intérieurement encore des couches d'épaississement des parois cellulaires que les mêmes agents chimiques colorent en bleu. Ailleurs on trouve, en dehors de l'épiderme propre, ce que M. Trécul appelle *une cuticule composée*, dans laquelle des observations très-attentives permettent de reconnaître deux pellicules minces entre lesquelles s'étend une substance intermédiaire plus épaisse qu'elles. Il peut donc exister une organisation fort complexe dans le revêtement protecteur des cellules épidermiques.

Les cellules de l'intérieur des organes, particulièrement des feuilles, peuvent elles-mêmes être revêtues d'une couche cuticulaire, comme l'avaient reconnu Gasparrini et surtout M. Hugo von Mohl. M. Trécul a suivi cette pénétration de la cuticule[1] à l'intérieur, et il a constaté qu'elle s'opère à différents degrés selon les plantes, de telle sorte que cette assise protectrice s'étend jusqu'à des profondeurs diverses au-dessous de l'épiderme.

B. *Tissus intérieurs.* L'étude des tissus intérieurs des plantes considérés dans leur groupement a donné naissance à un assez petit nombre de travaux. Dans l'un de ses écrits publiés sous le titre général d'*Études phytologiques*, M. le comte de Tristan s'est occupé des caractères et de la disposition des divers tissus végétaux dans la tige[2]; mais ce mémoire remonte à l'extrême limite de ce relevé, c'est-à-dire à une époque où les instruments et les méthodes d'observation appelaient des perfectionnements; aussi les descrip-

[1] De la cuticule à l'intérieur des végétaux, par M. Trécul. (*Comptes rendus*, XLII, 1856, p. 837-841.)

[2] Études phytologiques; 2ᵉ mémoire: Caractères et disposition des divers tissus végétaux dans la tige, par M. le comte de Tristan. (*Annales des sciences nat.* 2ᵉ série, XVI, 1841, p. 177-221, pl. 10-12.)

tions et les énoncés qu'il renferme ne sont-ils pas à l'abri de toute objection.

Un point intéressant de l'anatomie des Fougères est celui de la composition de leurs faisceaux fibro-vasculaires. Il était universellement admis, surtout depuis les travaux de M. Hugo von Mohl, que ces faisceaux n'ont guère que des vaisseaux scalariformes, et, dans tous les cas, qu'ils sont dépourvus de trachées. La rectification de cette inexactitude anatomique a été donnée presque simultanément par trois observateurs français et, paraît-il, à l'insu l'un de l'autre. En 1859, M. Paul Bert a présenté à la Société philomatique de Paris une note dans laquelle[1] il établit que les feuilles ou frondes jeunes des Fougères offrent dans leurs faisceaux tous les ordres de vaisseaux, y compris les trachées déroulables; les vaisseaux scalariformes y sont fort rares à cet âge peu avancé, mais leur nombre y augmente ensuite graduellement, à ce point qu'ils finissent par s'y montrer presque seuls. Le 7 mai 1860, M. Garreau signalait à l'Académie des sciences[2] ce fait, que, dans le pétiole de l'*Allantodia australis*, on trouve des trachées déroulables et non déroulables, des vaisseaux réticulés à réseau fin et serré, faciles à confondre avec les trachées, des vaisseaux ponctués et scalariformes relativement très-nombreux. Enfin, le 11 mai 1860, M. Georges Bergeron a fait connaître à la Société botanique de France[3] des faits semblables comme résultant de ses observations faites sur les bulbilles du *Diplazium proliferum*, des *Cœnopteris fœniculacea* et *thalictroides*, de l'*Asplenium proliferum, etc.*

L'écorce des végétaux dicotylédonés a été étudiée, à deux points de vue différents, par M. Lestiboudois et par M. Chatin. Le premier de ces botanistes s'est attaché particulièrement à rechercher

[1] Faisceaux ligneux des Fougères, par M. Paul Bert. (*Bulletin de la Société philomatique*, 1859, p. 42-43.)

[2] Mémoire sur la composition élémentaire des faisceaux fibro-vasculaires des Fougères, par M. Garreau. (*Comptes rendus*, L, 1860, p. 854-855.)

[3] Sur l'existence des trachées dans les Fougères, par M. G. Bergeron. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, VII, 1860, p. 338-339.)

l'origine de la matière subéreuse appelée par lui *suber*[1]. Or, de toutes les zones qui composent le parenchyme de l'écorce, il pense qu'aucune n'est en corrélation avec l'existence du liége, et ne peut, dès lors, être considérée comme exclusivement destinée à lui donner naissance; il ajoute que le liége est formé aux dépens de tous les tissus de l'écorce, même des couches fibreuses de celle-ci; qu'on ne peut y voir un organe ajouté aux autres, mais qu'il les remplace tous, et qu'il est, selon son expression, ces tissus mêmes transformés. Ces énoncés ne sont point en parfait accord avec ce que nous ont appris les observations de MM. Hugo von Mohl, Sanio, Casimir de Candolle, etc. Quant à M. Chatin, il a étendu le cercle des idées introduites dans la science par quelques observateurs de notre époque relativement à l'interposition de fibres libériennes au bois de quelques végétaux[2]. Il a été conduit ainsi à distinguer deux types de structure, dans l'un desquels les fibres libériennes, bien localisées, occupent des places déterminées et se rattachent symétriquement au système ligneux (*Piper*, *Gnetum*, Gui, etc.), tandis que, dans l'autre, ces mêmes fibres se montrent dispersées sans ordre dans la masse du bois (*Medicago*, *Ulex*, *Loranthus*). Il admet qu'une sorte de type intermédiaire peut offrir à la fois ces fibres soumises à ces deux dispositions différentes (certains *Viscum*).

### § 2. Tissus considérés isolément.

A. *Vaisseaux*. Les botanistes distinguent deux catégories de vaisseaux entre lesquelles il existe des différences essentielles : 1° les vaisseaux proprement dits, appelés aussi par les uns *vaisseaux lymphatiques*, même par d'autres *vaisseaux aériens*, selon l'idée qu'on se forme de leur contenu en rapport avec leur rôle physiologique; ils sont faciles à reconnaître, grâce aux marques particulières qu'offre

[1] Mémoire sur l'écorce des Dicotylédonés, et spécialement sur le suber, par M. Th. Lestiboudois. (*Comptes rendus*, LI, 1860, p. 1064-1069.)

[2] De l'existence des fibres corticales ou libériennes dans le système ligneux des végétaux, par M. Chatin. (*Comptes rendus*, LX, 1865, p. 611-615.)

leur tube examiné sous le microscope, spires, anneaux, raies séparées ou réticulées, ponctuations; 2° les vaisseaux laticifères ou vaisseaux propres, ou simplement les laticifères, plus ou moins irréguliers, rameux, le plus souvent même reliés entre eux en réseau, contenant toujours un liquide particulier ou *latex*, opaque, laiteux ou plus rarement coloré, tenant en suspension de nombreux granules, en un mot, doué d'une apparence propre qui le fait aisément remarquer.

Les vaisseaux proprement dits ont été peu étudiés; même pour trouver des travaux spéciaux à leur sujet, il faut remonter au commencement de la période d'années qu'embrasse ce Rapport. Alors ont paru : une note[1] dans laquelle Gaudichaud s'est principalement attaché à prouver de différentes manières que ces tubes sont continus et non entrecoupés de diaphragmes sur une grande longueur, et un mémoire dû à M. le comte de Tristan; celui-ci a l'inconvénient capital d'être basé sur une nomenclature et des divisions nombreuses entièrement propres à l'auteur, qui n'ont guère trouvé d'accueil dans la science.

Quant aux laticifères, c'est sur eux que s'est concentrée spécialement l'attention des botanistes modernes, et on peut dire même que leur histoire précise et positive ne remonte guère au delà des limites de ce relevé. C'est qu'à leur histoire se rattachent des questions d'une importance majeure pour la physiologie végétale, et que, d'un autre côté, l'étude n'en est devenue fructueuse et n'a donné des résultats dignes de confiance que grâce aux progrès immenses qu'ont faits, dans ces derniers temps, les instruments et méthodes d'observation. Du reste, les travaux dont ces tubes ont été l'objet ont conduit leurs auteurs à en considérer successivement, de manières fort diverses, et l'origine et la nature; les uns en ont fait les conduits spéciaux de la séve élaborée, tandis que les autres n'y ont vu que de simples vides creusés entre les éléments consti-

[1] Remarques générales sur les vaisseaux tubulés des végétaux, par Ch. Gaudichaud, (*Annales des sciences naturelles*, 2e série, XV, 1841, p. 162-173, pl. 14 B.)

tutifs du tissu végétal, sans autre paroi qu'une membrane formée graduellement par dépôt de la matière qui les remplit et qui serait le produit d'une pure sécrétion. Aujourd'hui les beaux travaux publiés en Allemagne par MM. Hanstein, Dippel, Unger, etc. et en France par M. Trécul, ont jeté un jour tout nouveau sur ces diverses questions; néanmoins le sujet n'est pas épuisé, et il y a lieu d'attendre encore beaucoup, pour sa complète élucidation, de ce dernier observateur, qui, depuis plusieurs années, en poursuit l'étude avec une patience et une habileté dignes des plns grands éloges.

M. le comte de Tristan est le premier anatomiste qui, en France, ait fait du latex et des laticifères l'objet d'études persévérantes et attentives[1]; on lui doit des observations nombreuses et des vues ingénieuses; mais la science a marché rapidement depuis l'époque déjà reculée à laquelle remonte son mémoire, et il serait peu utile de s'arrêter ici sur les énoncés qu'on y trouve consignés. A une date beaucoup plus récente, M. Lestiboudois s'est occupé aussi du même sujet; mais son travail[2], intéressant à plusieurs égards, n'a pas introduit dans la science d'aperçus assez nouveaux pour qu'il soit nécessaire de les rapporter ici.

Il en est tout autrement de la longue série de notes et mémoires que nous devons à M. Trécul. Le point de départ de tous ces travaux est une note présentée à l'Académie des sciences en 1857 et qui, l'année suivante, fut soumise, avec de légères modifications, à la Société botanique de France[3]. On y trouve pour la première fois ces énoncés tout à fait inattendus : que les laticifères ont des points

[1] Études phytologiques; 4e mémoire : Recherches sur les réservoirs et canaux laticifères, par M. le comte DE TRISTAN. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, I, 1844, p. 176-223, pl. 14.)

[2] Notes sur les vaisseaux du latex, les vaisseaux propres, les réservoirs des sucs élaborés, par M. TH. LESTIBOUDOIS. (*Comptes rendus*, LVI, 1863, p. 421-429, 816-824; LVII, 1863, p. 17-23.)

[3] De la présence du latex dans les vaisseaux spiraux, rayés et ponctués, par M. TRÉCUL. (*Comptes rendus*, XLV, 1857, p. 402-406; *Bulletin de la Société botanique de France*, V, 1858, p. 344-348.)

de contact avec les vaisseaux avec lesquels ils sont aussi quelquefois mêlés; que les vaisseaux spiraux, rayés, réticulés et ponctués, contiennent çà et là du suc coloré comme le latex et granuleux comme lui. De ces faits et de la présence des laticifères au milieu des tissus où règne la plus grande activité vitale, notre botaniste se déclare porté à conclure que les laticifères sont des organes chargés de prendre aux cellules environnantes les matières qu'elles n'ont pas employées à leur nutrition, pour les verser dans les vaisseaux avec lesquels ils communiquent, après leur avoir fait subir une première élaboration; dans les vaisseaux, ces matières seraient de nouveau rendues propres à être transformées en principes amylacés, albuminoïdes, etc. nécessaires à l'accroissement et à la multiplication des cellules. La conséquence dernière de ces faits, c'est que les laticifères peuvent être comparés aux veines des animaux ou, si l'on veut, aux vaisseaux lymphatiques, qui sont une simple dépendance du système veineux.

La nouveauté de ces idées causa une véritable sensation dans le monde scientifique. Afin d'amener une vérification rigoureuse des faits sur lesquels elles étaient appuyées, l'Académie des sciences de Paris mit au concours, en 1859, l'étude des vaisseaux du latex considérés au double point de vue de leur distribution dans les divers organes des plantes, et particulièrement de leurs rapports ou de leurs connexions avec les vaisseaux lymphatiques ou spiraux, ainsi qu'avec les fibres du liber. Le prix proposé fut partagé, en décembre 1863, entre deux savants allemands, M. Dippel et M. Hanstein, qui l'un et l'autre avaient résolu négativement la question relative à la communication entre les vaisseaux proprement dits et les laticifères. Toutefois, tandis que la réponse du premier de ces botanistes était catégorique, celle du second était moins formelle, puisqu'il admettait que les vaisseaux lymphatiques, chez les Papayacées, peuvent contenir du latex qu'ils reçoivent de laticifères en communication avec eux; seulement il ajoutait que le latex y est peu abondant, que les points d'union entre ces

deux ordres de tubes sont assez peu nombreux; que dès lors ces deux faits n'ont qu'une importance subordonnée, et que, d'ailleurs, dans toutes les autres plantes, la séparation entre les deux sortes de vaisseaux est la loi générale, et leur union une exception très-peu fréquente.

Néanmoins, en 1860, M. Trécul a insisté de nouveau sur la communication des vaisseaux lymphatiques avec les laticifères[1], et, outre les faits que lui ont fournis à cet égard les Papayacées, il en a signalé de nouveaux, observés par lui dans des Figuiers, des Mûriers, des Euphorbes. Enfin, en 1865[2], il a donné un nouvel appui à ses idées, notamment en montrant que, chez plusieurs Lobéliacées, non-seulement on voit des points de contact entre les deux sortes de tubes, mais encore on observe de véritables perforations qui font communiquer directement les laticifères avec les vaisseaux et les fibres ligneuses. Il ne semble donc guère possible de nier d'une manière absolue ces relations, que le microscope révèle dans des végétaux de familles diverses. C'est là un fait d'une haute importance, qui certainement aidera beaucoup à expliquer la nutrition des végétaux.

Non content de signaler ces faits nouveaux et d'un intérêt majeur dans l'histoire des laticifères, M. Trécul a commencé, depuis deux années, à publier la description de ce système de tubes dont il a poursuivi l'étude dans l'ensemble du règne végétal. Les nombreux mémoires qu'il a déjà donnés à ce sujet ne forment encore qu'une portion de son grand travail; ils sont d'ailleurs tellement riches de faits de détail, d'observations spéciales, qu'il serait impossible de les résumer d'une manière tant soit peu satisfaisante, sans entrer dans des développements considérables. Bornons-nous donc à en conseiller la lecture et à rappeler que les familles sur lesquelles

[1] Rapport des laticifères avec le système fibro-vasculaire, par M. Trécul. (*Comptes rendus*, LI, 1860, p. 871-874.)

[2] Rapports des vaisseaux du latex avec le système fibro-vasculaire; ouvertures entre les laticifères et les fibres ligneuses ou les vaisseaux, par M. Trécul. (*Comptes rendus*, LX, 1860, p. 78-82.)

portent ceux qui ont été publiés jusqu'à ce jour sont les suivantes : Papavéracées, Convolvulacées, Euphorbiacées, Apocynées, Asclépiadées, Chicoracées, Campanulacées, Ombellifères, Araliacées, Clusiacées, Aroïdées[1].

B. *Cellules et vaisseaux à tannin.* Le tannin est une substance beaucoup plus répandue dans les plantes qu'on ne l'avait pensé jusqu'à ces derniers temps. M. Karsten, en 1857, avait appelé l'attention sur ce sujet, et, après lui, un autre botaniste allemand, M. Sanio, avait signalé quelques faits nouveaux du même ordre; mais c'est particulièrement à M. Trécul que revient le mérite d'avoir étudié et décrit avec soin le tissu qui renferme cette substance et les portions de la tige qu'il occupe. C'est sur les Légumineuses[2] et sur les Rosacées[3] qu'ont porté les recherches de cet habile anatomiste. Dans le premier de ces grands groupes naturels, il a montré que certaines espèces renferment du tannin, tandis que d'autres en sont dépourvues; que cette matière est renfermée dans des

[1] Mémoires de M. Trécul sur les laticifères et le latex : Des laticifères dans les Papavéracées. (*Comptes rendus*, LX, 1865, p. 522-526.) — Observations sur les laticifères des Convolvulacées. (*Ibid.* p. 825-829.) — Sur les laticifères et les fibres du liber ramifiées dans les Euphorbes; maladie des laticifères. (*Ibid.* p. 1349-1352.) — Laticifères et liber des Apocynées et des Asclépiadées; vaisseaux sous-cuticulaires; laticifères se déroulant en hélice. (*Ibid.* LXI, 1865, p. 294-298.) — Des laticifères dans les Chicoracées. (*Ibid.* p. 785-789.) — Laticifères des Campanulacées et des Lobéliacées. (*Ibid.* p. 929-933.) — Des vaisseaux propres dans les Aroïdées. (*Ibid.* p. 1163-1167, et LXII, 1866, p. 29-33.) (*N.-B.* Les notes sur les Papavéracées, Convolvulacées, Euphorbes, Chicoracées, Campanulacées et Lobéliacées sont reproduites dans les *Ann. des sc. nat.* 5e série, V, 1866, p. 44-79, sous le titre : Résumé d'observations sur les vaisseaux et les sucs propres.) — Des vaisseaux propres dans les Ombellifères. (*Comptes rendus*, LXIII, p. 154-160, 201-209, et *Ann. des sc. nat.* 5e série, V, 1866, p. 275-300.) — Des vaisseaux propres dans les Clusiacées. (*Comptes rendus*, p. 537-547, 613-620, et *Ann. des sc. nat.* 5e série, V, 1866, p. 368-379.) — Des vaisseaux propres dans les Araliacées. (*Comptes rendus*, LXIV, 1867, p. 886-893.)

[2] Du tannin dans les Légumineuses, par M. Trécul. (*Comptes rendus*, LX, 1865, p. 224-229; *Ann. des sciences naturelles*, 5e série, IV, 1865, p. 378-382.)

[3] Du tannin dans les Rosacées, par M. Trécul. (*Comptes rendus*, LX, 1865, p. 1035-1039.)

cellules situées ici dans l'écorce uniquement et en des points différents de son épaisseur, là dans la moelle, enfin ailleurs dans l'écorce et dans la moelle à la fois. Il a fait voir que ces cellules à tannin sont souvent plus allongées que leurs voisines, très-longues même et superposées en files longitudinales, de manière à constituer des sortes de vaisseaux à tannin, mais dont les cavités sont rarement confondues en tube. Dans des plantes d'autres familles, par exemple dans les *Musa*, les vaisseaux propres contiennent aussi du tannin, de telle sorte que les cellules sériées des Légumineuses qui renferment cette substance forment la transition entre celles qui ne sont pas disposées en files et les laticifères. Quant aux Rosacées, elles offrent leur tannin dans des cellules qui, quelquefois, s'alignent en files longitudinales reliées entre elles par des files transversales, ou bien isolées. Dans ce groupe naturel, certaines plantes ont du tannin dans tous les tissus de leurs rameaux, excepté dans la couche subéreuse, quand elle se développe; d'autres plantes, au contraire, montrent cette même matière localisée, surtout dans l'écorce et la moelle.

C. *Gomme et ses réservoirs.* On sait que la substance qui forme la base fondamentale de l'organisation végétale, ou la cellulose, a tout à fait la composition chimique des gommes et de quelques matières contenues dans les cellules, comme l'amidon, l'inuline, de telle sorte que la différence réelle qu'on observe entre ces divers corps ne peut tenir qu'à un mode différent d'agrégation des molécules dans les uns et les autres; aussi n'a-t-on pas eu lieu d'être fort surpris, lorsque des observations récentes ont appris que les gommes proviennent d'une simple modification subie par la substance même des parois cellulaires. Mais il y avait beaucoup d'intérêt à suivre pas à pas cette transformation lorsqu'elle s'accomplit, et à reconnaître, par l'observation directe, comment cette destruction locale du tissu végétal donne lieu à la fois à une production de gomme et de lacunes ou réservoirs destinés à la contenir. M. Trécul nous a donné cette histoire, et il en a trouvé les éléments dans les

Quiinées, petit groupe d'arbres et arbrisseaux américains qui rentre dans la famille des Clusiacées. Dans une note d'un grand intérêt[1], il montre que les cellules de la moelle, seule portion où se trouvent les réservoirs de gomme dans ces plantes, sur les points où l'une de ces cavités doit se former, gonflent d'abord leur paroi, dans l'épaisseur de laquelle plusieurs couches deviennent ainsi visibles. Dans ce premier état, leur substance est encore de la cellulose que bleuit l'action successive de l'iode et de l'acide sulfurique; peu après elles ont perdu la propriété de se colorer ainsi sous l'action de ces réactifs; alors elles se dilatent dans l'eau, et, un peu plus tard, leur substance, presque identique à la gomme des réservoirs, n'est plus accusée autour de chaque cavité cellulaire que par de faibles stries concentriques, plus ou moins espacées, qui ne tardent pas à se fondre dans la masse mucilagineuse commune. Dès qu'une lacune a pris naissance de cette manière, elle s'étend graduellement par la reproduction de la même série de phénomènes sur les cellules qui la limitent.

Un peu antérieurement, le même botaniste nous avait appris[2] que, chez ceux de nos arbres fruitiers à noyau qui ont la maladie de la gomme, cette substance se produit dans le bois même et à différentes profondeurs, le plus souvent dans la zone génératrice et sur les points qui, sans cela, seraient devenus des vaisseaux, plus rarement dans le bois déjà formé. Dans ces divers cas, c'est la désagrégation du tissu même qui lui donne naissance.

D. *Cellules.* C'est encore à M. Trécul que nous devons des observations sur divers points de la constitution des cellules. En étudiant cette sorte de cellules des Aroïdées, contenant un gros faisceau de cristaux en aiguille, que Turpin avait nommées des Biforines, il a cru pouvoir affirmer l'exactitude des observations de ce

[1] Lacunes à gomme dans les Quiinées, par M. Trécul. (*Comptes rendus*, LXIII, 1866, p. 717-726.)

[2] Maladie de la gomme chez les Cerisiers, les Pruniers, les Abricotiers et les Amandiers, par M. Trécul; note insérée dans les *Comptes rendus*, LI, 1860, p. 621-624.

savant, quant aux deux ouvertures terminales qui avaient motivé le nom de biforines, et les rectifier quant à la prétendue vésicule interne que Turpin avait dit renfermer les cristaux[1]. Mais le point de l'histoire des parois cellulaires sur lequel M. Trécul a le plus particulièrement fixé son attention est relatif aux formations secondaires, comme il les nomme, qui, s'ajoutant à la paroi primitive, déterminent, sur la membrane de la cellule, la production de spirales, de réseaux, de lignes ou de simples ponctuations. M. Hugo von Mohl a introduit dans la science une théorie selon laquelle ces divers dessins des parois cellulaires sont dus à ce que, sur la membrane primitive homogène, qui est la base de toute la formation, il se dépose successivement, et de dehors en dedans, des couches secondaires qui manquent sur des lignes spirales, annulaires, réticulées, ou aussi sur de simples points isolés. Ainsi la membrane de la cellule prend des épaississements spiraux, en anneau, etc. d'autant plus prononcés que, pour les former, il y a eu un plus grand nombre de ces assises incomplètes superposées. M. Trécul a voulu reconnaître si c'est bien ainsi que se produisent et se développent les formations secondaires de la paroi des cellules, et par conséquent aussi des vaisseaux. Prenant pour sujet de ses recherches les cellules oblongues à lame interne, spirale ou annelée, très-fortement proéminente, qui tiennent lieu de fibres ligneuses dans les Cactées à tige globuleuse, il a vu que l'accroissement de cette lame s'opère par intussusception et dans toute son épaisseur, et non par couches superposées; il a de plus avancé que la spiricule de ces cellules, ainsi que celle des trachées, est composée de deux substances: 1° d'un tube creux, à parois minces, bien définies, en un mot d'une cellule spirale; 2° d'une matière gélatineuse renfermée dans celle-ci[2]. Il a

[1] Note sur les biforines, par M. Trécul. (*Comptes rendus*, XLII, 1856, p. 265-269; *Bull. de la Soc. philomat.* 1856, p. 9-11.)

[2] Extrait d'un mémoire inédit sur les formations spirales, annulaires et réticulées des Cactées, du *Cucurbita Pepo*, *etc.* par M. Trécul. (*Bulletin de la Société botanique de France*, I, 1854, p. 67-70, 271-276.) — Mémoire sur les formations secondaires dans les cellules végétales, et sur

constaté aussi des particularités analogues dans les vaisseaux du *Cucurbita Pepo*. Ces formations secondaires sont internes; mais, d'après M. Trécul, il en existe ailleurs d'externes, c'est-à-dire prenant naissance à la face extérieure de la paroi des cellules; les feuilles de diverses Orchidées lui ont offert des exemples de ce second mode de production des spiricules.

§ 3. Contenu des cellules.

Les cellules sont le siége essentiel de l'activité végétale. Chacun de ces sacs fermés, dont les dimensions sont presque toujours exiguës, est comme un petit laboratoire dans lequel l'organisme opère une nombreuse série d'élaborations, de productions nouvelles ou de modifications des substances antérieurement existantes; là se trouve, en un mot, le point de départ et la source de toutes les matières, variées presque à l'infini, qui donnent aux plantes leurs propriétés et qui en rendent la substance propre à une foule d'usages. On sent dès lors que l'étude des matières contenues dans les cellules est aussi vaste qu'instructive; mais, comme elle doit porter principalement sur la composition chimique de ces mêmes matières, elle appartient en majeure partie à la chimie, et la botanique n'en revendique pour elle que la portion qui appelle comme moyen fondamental l'observation directe, opérée avec le secours du microscope. Ainsi restreinte, cette étude embrasse presque uniquement les substances solides ou au moins pâteuses que peuvent renfermer les cellules, substances que, pour plus de commodité, on peut diviser en deux catégories, selon qu'elles sont, de leur nature, organiques ou inorganiques.

A. *Substances organiques contenues dans les cellules.* Les matières organiques solides qui peuvent exister dans la cavité des cellules

les formations spirales, annulaires et réticulées, par le même. (*Ann. des sciences naturelles*, 4e série, II, 1854, p. 273-356 pl. 19-22.) — Formations spirales dans des cellules que renferment les feuilles de certaines Orchidées, par le même. (*Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 153-158.)

sont pour la plupart connues depuis longtemps, tandis que certaines d'entre elles ont été seulement découvertes dans ces dernières années. Toutes ont été embrassées également par M. Trécul dans une longue série d'observations dont il a présenté les résultats, d'abord dans plusieurs notes distinctes et séparées[1], ensuite et avec plus de détails dans un mémoire très-étendu qu'accompagnent des figures en nombre considérable[2]. Ce travail important pour le nombre, l'intérêt, la nouveauté des faits et des idées dont il renferme l'exposé, est divisé en huit chapitres inégaux de développement; il suffira de reproduire les titres de ces chapitres pour indiquer les sujets dont ils traitent: 1° du nucléus et de la vésicule nucléaire; 2° des vésicules cristalligènes; 3° des vésicules fausses-vacuoles, des vacuoles et d'un nouveau mode de multiplication utriculaire par division; 4° des vésicules pseudo-nucléaires; 5° des vésicules chromulifères; 6° de la vésicule amylacée; 7° des vésicules mixtes (simple indication); 8° des vésicules aleuriennes. On voit par ces seuls énoncés que l'idée dominante, dans cette œuvre considérable, consiste à voir dans toutes les formations intra-cellulaires des vésicules, c'est-à-dire une enveloppe délicate entourant un contenu. Un grain d'amidon lui-même n'est pas autre chose, d'après ce botaniste, qu'une vésicule qui a beaucoup d'analogie, par sa végétation, avec une cellule ordinaire, et qui renferme une matière parfois tout à fait liquide, d'autres fois molle et plus ou moins solide, qui donne lieu à des couches concentriques produites successivement de l'extérieur vers

[1] Cristaux d'origine végétale et qui semblent doués de vie, par M. Trécul. (*Comptes rendus*, XLVII, 1858, p. 255.) — Du nucléus ou vésicule nucléaire et des vésicules cristalligènes, par le même. (*Ibid.* p. 538.) — Des vésicules fausses-vacuoles, des vésicules pseudo-nucléaires et de la multiplication utriculaire par division, par le même. (*Ibid.* p. 577.) — Des vésicules colorées ou chromulifères, par le même. (*Ibid.* p. 606.) — Naissance de l'amidon granulé, par le même. (*Ibid.* p. 782.) — Du nucléus et de la vésicule nucléaire, par le même. (*Bulletin de la Société botanique de France*, VI, 1859, p. 99-103, 127-131.)

[2] Des formations vésiculaires dans les cellules végétales, par M. Trécul. (*Ann. des sciences naturelles*, X, 1858, p. 20-74, 127-163, 205-382, pl. 1-12.)

l'intérieur. Les observations extrêmement nombreuses qui ont fourni la matière de ce grand mémoire portent sur les détails les plus intimes et les plus minutieux de la fine anatomie végétale; c'est uniquement dans les descriptions de l'auteur et avec le secours des nombreuses figures dont son texte est accompagné, qu'on peut en acquérir une idée nette et en suivre l'enchaînement; nous n'essayerons donc pas d'en présenter ici un résumé, qui serait forcément incomplet et, par cela même, sans utilité.

Un autre travail de haute importance est venu, à une date récente, étendre encore notablement le cercle de nos connaissances sur le même sujet; c'est celui qui a valu à M. Arthur Gris le grand prix des sciences physiques décerné, en 1863, par l'Académie des sciences de Paris[1]. Ici les substances diverses contenues dans les cellules sont considérées non plus seulement en elles-mêmes, au point de vue anatomique, mais encore quant à leurs relations avec l'accomplissement du phénomène de la germination des graines. La substance même de celles-ci est examinée sous les différents états par lesquels elle peut passer dans la série des altérations qu'elle subit, en certains cas, pour faciliter ou favoriser le développement de l'embryon en une nouvelle plante, et ainsi se trouve tracée l'histoire anatomique de la germination aussi complétement que permettait de le faire aujourd'hui l'observation microscopique aidée de l'action des réactifs chimiques. Comme il importait plus, pour arriver à des résultats précis et méthodiquement enchaînés, d'approfondir ces études sur un petit nombre de graines que de l'étendre à des espèces très-diverses en vue de recueillir un grand nombre de faits épars et sans lien bien direct entre eux, M. A. Gris a observé et suivi la germination dans neuf plantes choisies de manière à représenter les catégories les plus dissemblables de l'organisation des graines, et, par suite, à offrir une grande diversité dans la succession et la nature des phénomènes de leur dévelop-

[1] Recherches anatomiques et physiologiques sur la germination, par M. Arthur Gris. (*Ann. des sciences naturelles*, 5e série, II, 1864, p. 5-123, pl. 1-14.)

pement; ce sont : le Ricin, la Buglosse, la Gourde, le Cytise, pris comme exemples d'embryons plus ou moins riches en matière grasse et dont les cotylédons deviennent foliacés; le Haricot, comme exemple d'embryons riches en amidon; le Balisier, le Dattier, comme exemples d'embryons dont les cotylédons restent sous terre et ne deviennent pas foliacés; enfin le Maïs, le Balisier, la Belle-de-Nuit, pour les albumens farineux; le Dattier, pour les albumens cornés; le Ricin, pour les albumens charnus. Ce mémoire est divisé en trois parties : la première renferme un résumé historique des travaux les plus importants dont la science ait été enrichie, à ce sujet, dans ces derniers temps; la seconde forme le corps même du travail et l'œuvre propre de l'auteur, puisqu'elle contient la monographie anatomique et physiologique de la germination pour chacune des neuf espèces de plantes qui ont été prises par lui comme types; enfin la troisième partie résume les observations exposées en détail dans la seconde, et, après la discussion de quelques théories récentes, elle présente les conclusions qu'autorisent les faits. Les substances contenues dans les cellules sont examinées et suivies d'abord dans la graine mûre et encore à l'état de repos, puis pendant le cours de la germination, avec une attention qui en éclaire l'histoire d'un jour très-vif; et ce que le texte expose à cet égard est rendu plus saisissable encore par un grand nombre de figures sur lesquelles ont été reproduites, toutes les fois que cela devenait utile, les colorations déterminées par l'action des réactifs. Ainsi la connaissance des modifications que subit la matière des graines pendant la germination se trouve aujourd'hui, grâce à ce travail considérable, appuyée sur des observations précises et sagement interprétées, qui fourniront une base solide pour les travaux ultérieurs du même genre.

A. *Amidon*. Parmi les substances organiques qui se montrent dans l'intérieur des cellules, aucune n'a été l'objet d'études aussi nombreuses, n'a donné lieu à autant d'hypothèses que l'amidon ou fécule amylacée. Les formes extrêmement variées sous lesquelles

il s'offre ont été décrites et figurées, les conditions et circonstances dans lesquelles il se produit ou disparaît ont été recherchées, mais surtout on s'est efforcé de reconnaître de quelle manière sont organisés et comment se développent les grains qu'il constitue. Ce n'est pas ici le lieu pour présenter une histoire détaillée de cette substance, qui joue un rôle important dans la vie des plantes; néanmoins le relevé des travaux qui ont été faits sur ce sujet, en France, de puis vingt-cinq années, fournira, sous ce rapport, quelques données d'un intérêt réel.

Presque jusqu'au commencement de cette période, l'idée qui avait été généralement admise était celle de Leuwenhoek, reprise à peu près sans modifications par M. Raspail, en 1825; c'était que chaque grain d'amidon consiste en une enveloppe marquée superficiellement de lignes ou plis courbes, sous laquelle est renfermée une matière soluble, analogue à la gomme. M. Raspail et ensuite Turpin ajoutèrent comme fait important que chaque grain était d'abord fixé à la face interne des parois cellulaires par un point où reste plus tard, quand il vient à se détacher, une marque ou cicatrice que le dernier de ces savants appela *hile*, par analogie avec le hile ou ombilic qui se produit de la même façon sur les graines. En 1838, M. Payen publia, dans les *Annales des sciences naturelles* (2e série, X, p. 5-32, 65-116, 161-227, pl. 1-6), un mémoire considérable dans lequel il professait de tout autres idées, et quelques années plus tard, il compléta sa publication sur ce sujet dans le recueil des *Mémoires des savants étrangers à l'Académie des sciences de Paris*[1].

Or, d'après lui, un grain d'amidon est un corps plein ou à peu près, composé, ainsi qu'il est du reste facile de le reconnaître par divers moyens, de couches concentriques dont les plus anciennes sont extérieures, et qui dès lors se produisent dans l'intérieur.

[1] Mémoire sur l'amidon, la dextrine et la diastase, considérés sous les points de vue anatomique, chimique et physiologique, par M. Payen. (*Mémoires des savants étrangers*, VIII, 1843, p. 209-372, avec 8 planches.)

Quant à ce que Turpin appelait le hile, M. Payen le considère comme un petit canal qui, mettant le grain en communication par son centre même avec le liquide cellulaire dans lequel il flotte, lui permet de se nourrir et de produire à ce même centre ses nouvelles couches. Des observations plus récentes ne permettent pas de partager l'opinion de M. Payen relativement à ce canal dont l'idée servait de base à sa théorie; mais son travail n'en a pas moins marqué un progrès considérable dans l'histoire de l'amidon, et les figures dont il est accompagné, les descriptions, les faits en grand nombre qu'il renferme, en font l'une des œuvres les plus importantes et les plus utiles à consulter que nous ayons encore sur ce sujet.

Aux descriptions données par M. Payen M. Léon Soubeiran en a ajouté quelques-unes dans un mémoire qu'il a présenté comme thèse à l'École de pharmacie, au mois de décembre 1853[1]. On a vu plus haut les idées que M. Trécul professe relativement aux grains d'amidon, qu'il assimile aux cellules, tandis que, à ses yeux, la substance qui les forme ne diffère de la cellulose que par son agrégation moins forte. Ces idées ont été exposées par lui non-seulement dans son grand mémoire cité plus haut (p. 86), mais encore dans une note spéciale[2].

Une question d'un grand intérêt pour l'histoire de l'amidon, c'est que, dans les plantes, il se produit, s'accumule même dans le tissu de divers organes, et disparaît ensuite à mesure que la nutrition le consomme ou le transforme en d'autres substances. M. Payen et M. A. Gris en ont donné des preuves variées. Le premier de ces savants a montré, entre autres faits de ce genre[3], que les fruits à sucs acides,

[1] Études micrographiques sur quelques fécules, par M. Léon Soubeiran; thèse de pharmacie, in-8° de 59 pages et 2 planches, Paris, 1853.

[2] Des divers états de la substance amylacée, par M. Trécul. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, V, 1858, p. 708-716.)

[3] Amidon des fruits verts. Relations entre ce principe immédiat, ses transformations et le développement ou la maturation des fruits, par M. Payen. (*Comptes rendus*, LIII, 1861, p. 813-816.)

comme nos poires, pommes et coings, contiennent de nombreux granules de cette matière dans leurs différentes parties, à toutes les époques de leur accroissement et jusqu'aux approches de leur maturité. Cette constatation a d'autant plus d'importance que des chimistes habiles, quoique sachant que d'autres fruits et surtout la banane sont féculents avant leur maturité, avaient nié qu'il en fût de même pour nos fruits à pepins. Quant à M. A. Gris, il s'est occupé de la production et de la résorption de l'amidon dans leurs rapports avec les divers moments de la période végétative annuelle, ou avec les grands phénomènes naturels. Dans un premier mémoire, il a exposé ce qui se passe relativement à cette substance dans l'albumen des graines avant et pendant la germination[1]. Ses observations lui ont appris que, pendant la germination, les grains d'amidon sont peu à peu résorbés pour fournir au développement de l'embryon, et que la résorption en est opérée de deux manières différentes : tantôt le grain est attaqué très-irrégulièrement, sur des points placés sans ordre, de telle sorte qu'il est rongé, troué, mis en lambeaux; c'est la résorption *locale* qu'on observe dans les amidons à grains simples, par exemple dans ceux des céréales et du Blé sarrasin (*Polygonum Fagopyrum* L.); tantôt aussi l'action s'étend également sur toute la surface, d'où il résulte que le grain diminue graduellement de volume, tout en restant lisse et uni. Cette résorption *égale* a été vue par M. A. Gris dans les albumens qui contiennent, à l'état de développement complet, ou qui tout au moins ont contenu, à une époque quelconque, des grains composés d'amidon. Parmi les exemples qu'il cite à ce propos se trouvent l'Avoine, le Gouet (*Arum*), la Belle-de-nuit (*Mirabilis*), etc. — Récemment ce botaniste a porté son attention sur la formation et la disparition de l'amidon dans les arbres, aux différentes époques de l'année. M. Payen, en France, et surtout M. Hartig, en Allemagne, s'étaient déjà occupés

[1] Du développement de la fécule et en particulier de sa résorption dans l'albumen des graines en germination, par M. Arthur Gris. (*Ann. des sciences naturelles*, 4e série, XIII, 1860, p. 106-144, pl. 3-8.)

avec soin de ce sujet; en en faisant l'objet de recherches suivies sur plusieurs espèces d'arbres et arbustes appartenant à des familles éloignées les unes des autres, M. A. Gris a notablement ajouté aux connaissances antérieurement acquises[1]. C'est la masse ligneuse ou centrale qui est le siége essentiel de la production de l'amidon, et cette matière s'y dépose dans les parties parenchymateuses, c'est-à-dire dans la moelle, les rayons médullaires et le parenchyme ligneux, rarement dans les fibres. L'amidon s'amasse pendant l'été, l'automne et l'hiver, dans ces parties du bois; il en disparaît au printemps suivant, au moment où les développements considérables qui s'opèrent dans les végétaux consomment le plus possible de matières nutritives; il s'y reforme ensuite, de telle sorte que son absence n'est que de courte durée et sa présence durable. Seulement ce n'est pas dans toute l'épaisseur du bois qu'ont lieu ces phénomènes; ses portions jeunes, ou ce qu'on nomme vulgairement l'aubier, en sont le siége unique; M. A. Gris croit même pouvoir tirer de cette notion un moyen de caractériser l'aubier plus rigoureusement qu'on ne le fait d'ordinaire, lorsqu'on s'appuie surtout sur le caractère, peu anatomique sans doute, mais facilement appréciable, de la coloration. Ainsi, à ses yeux, l'aubier serait cette région extérieure du bois qui conserve encore la faculté de sécréter de l'amidon dans le double système des rayons médullaires et du parenchyme ligneux; le duramen ou cœur serait la portion de ce même bois a perdu cette faculté. Une couleur plus foncée ferait donc admettre, dans certains arbres, l'existence d'un duramen qui, en réalité, manque, puisque leur bois peut former de l'amidon dans toute son épaisseur. Ces faits ayant été observés sur des espèces ligneuses qui donnent leurs feuilles avant leurs fleurs, il y avait intérêt à voir s'ils se reproduiraient dans celles qui fleurissent avant de montrer leurs feuilles, ou du moins avant de les avoir amenées à leur développement complet. Les recherches

[1] Recherches pour servir à l'histoire physiologique des arbres, par M. A. Gris. (*Comptes rendus*, LXII, 1866, p. 438-443, 603-607.)

faites sur ces dernières par le même botaniste[1] lui ont appris que la marche des phénomènes n'est que faiblement modifiée dans ce cas, et que la résorption a simplement commencé dans les parties les plus jeunes, lorsque les fleurs s'épanouissent; c'est seulement plus tard qu'elle atteint son maximum, et la reproduction de l'amidon s'opère également pendant l'accroissement des fruits, que la floraison précède ou suive la foliaison. Une autre circonstance générale de la résorption, dans tous les cas, c'est qu'elle s'opère du haut vers le bas, et, par conséquent, qu'elle commence par l'extrémité des branches.

AA. *Matières colorantes.* Quelle que soit l'opinion que l'on adopte relativement à l'organisation des corpuscules qui, dans la plupart des cas, communiquent leur couleur aux organes végétaux, il est difficile de ne pas voir en eux des formations organiques aussi bien que dans celles dont il vient d'être question, et par conséquent c'est ici que se rapporte l'exposé des progrès qui ont été accomplis, pendant ces derniers temps, dans la connaissance des matières colorantes en général. Or, parmi les éléments si variés de la coloration des végétaux, celui qui a le plus attiré l'attention est la matière verte des feuilles ou la chlorophylle.

En 1850, cette matière et, à un rang subordonné, celles qui colorent les fleurs, ont fourni à M. Morot le sujet d'un mémoire important[2]; mais c'est principalement au point de vue de sa composition chimique qu'elle est considérée dans ce travail, et il en a négligé l'examen anatomique, s'en rapportant entièrement au bel écrit antérieur de M. Hugo von Mohl. Sous ce rapport, l'auteur a confirmé ce fait, énoncé d'abord par Marquart et développé surtout par Mulder, que la chlorophylle est constamment mélangée

[1] Suite à des recherches pour servir à l'histoire physiologique des arbres, par M. A. Gris. (*Comptes rendus*, LXIII, 1866, p. 737-739).

[2] Recherches sur la coloration des végétaux, par M. F.-S. Morot; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4° de 80 pages, Paris, 1850. (*Ann. des sciences naturelles*, 3e série, XIII, 1850, p. 160-235.)

d'une matière grasse dont la couleur est jaune; en isolant la matière verte plus complétement qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, il a pu en faire l'analyse ainsi que celle de la graisse qui l'accompagne, et il est arrivé, pour l'une et l'autre, à des formules qui ne diffèrent pas essentiellement de celles qu'avait déjà données Mulder (Chlorophylle = $C^{18} H^{10} Az O^{3}$; graisse = $C^{8} H^{7} O$). Rattachant cette composition au phénomène respiratoire qui s'opère, dans les organes verts, sous l'influence de la lumière solaire, il est arrivé à l'idée que la chlorophylle semble se former, avec l'intervention des matières amylacées et de l'ammoniaque, sous cette influence, et que sa formation est accompagnée d'un dégagement d'eau et d'oxygène. Ainsi, a-t-il dit, le fait fondamental de la physiologie des plantes, le dégagement d'oxygène, se trouve concomitant du développement de la chlorophylle; ce n'est point parce qu'elles sont vertes que les plantes dégagent de l'oxygène, mais bien parce qu'elles le deviennent. C'est lorsque le chlorophylle disparaît, laissant la matière grasse à découvert, que les feuilles pâlissent, jaunissent, et prennent, à l'automne, la coloration qu'on désigne vulgairement par l'expression de feuille morte. — Ajoutons, relativement à la composition chimique de la chlorophylle, que M. Frémy a reconnu en elle, dans ces derniers temps[1], la réunion de deux principes colorants, l'un bleu, l'autre jaune, qu'il a nommés, le premier, *phyllocyanine*, le second, *phylloxanthine*. Selon lui, la matière bleue est plus altérable que la substance jaune : sous des influences variées, elle peut perdre sa couleur bleue et la reprendre ensuite; même le corps qui résulte de sa décoloration précède la matière verte, et se trouve dans les jeunes pousses ainsi que dans les feuilles étiolées.

Si les deux savants dont les travaux viennent d'être mentionnés ont étudié la chlorophylle sous le rapport de sa composition, M. A. Gris l'a considérée en elle-même et spécialement sous le

[1] Recherches sur la matière colorante verte des feuilles, par M. E. Frémy. (*Comptes rendus*, L., 1860, p. 405-412; *Ann. des sc. nat.* 4e série, XIII, 1860, p. 45-53.)

rapport de son développement[1], qui donne les notions les plus précises sur la structure de ses grains. D'après les idées auxquelles il a été conduit par ses observations, c'est le nucléus de la cellule vivante qui est l'agent essentiel de la production de la matière verte. Une gelée verte émanée de ce nucléus va s'étendre sur les parois de la cellule. Cette gelée est souvent précédée de lignes muqueuses, réunies en réseau, qui sont le siége de courants entraînant de petits globules verts. La gelée verte se subdivise ensuite en fragments polyédriques de volume variable, ou bien elle se partage en petites masses sphériques. En général, des noyaux d'amidon, s'enveloppant de cette gelée verte, complètent par cela même la constitution des grains de chlorophylle. Il peut arriver aussi que la gelée verte ne s'écarte pas du nucléus, et que sa segmentation s'opère autour de lui; mais, quel que soit le mode de formation de ces grains, on les voit très-fréquemment entourer ce petit corps duquel ils tirent leur origine. Il peut néanmoins y avoir exceptionnellement des modes de développement qui s'écartent de la marche normale. M. A. Gris a constaté encore que l'étiolement déterminé par l'obscurité a pour effet de détruire la chlorophylle dans les organes adultes où déjà elle existait avant qu'ils fussent soumis à la privation de lumière, et de l'empêcher de se former dans ceux dont la jeunesse ne lui avait pas permis de se produire. — Ajoutons que, dans son grand travail sur les formations vésiculaires (voyez p. 86), M. Trécul attribue à la chlorophylle une origine moins restreinte, puisqu'il affirme qu'elle peut émaner également de toutes les matières protoplasmiques renfermées dans la cellule.

Une nouvelle idée a été introduite dans la science relativement à la coloration automnale des feuilles par MM. Chatin et Filhol[2].

[1] Recherches microscopiques sur la chlorophylle, par M. A. Gris; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4° de 48 pages et 5 planches. Paris, 1857. (*Ann. des sciences naturelles*, 4e série, VII, 1857, p. 179-219, pl. 5-10.)

[2] Sur les principes immédiats et les matières colorantes des végétaux, par

Malheureusement le travail de ces deux savants, qui en résume et complète d'autres publiés auparavant par chacun d'eux de son côté, est plutôt du ressort de la chimie que de celui de l'observation sous le microscope; il échappe donc presque entièrement à ce relevé, en raison de son caractère essentiel. Bornons-nous à dire que l'idée fondamentale exprimée par les deux auteurs est que les feuilles doivent la couleur brunâtre qu'elles prennent, pour la plupart, en automne, à une matière particulière que M. Chatin avait nommée d'abord simplement matière A, et qu'il a désignée ensuite sous le nom de *protextrine;* cette matière existe même dans les feuilles qui deviennent jaunes ou rouges par altération de la chlorophylle, à l'automne. Quand les feuilles de la Vigne rougissent dans la même saison, elles le doivent à la phyllocyanine. D'un autre côté, la substance jaune appelée *quercitrin*, parce qu'elle a été d'abord isolée du Quercitron (*Quercus tinctoria*), existe dans les feuilles et en général dans toutes les parties herbacées des végétaux, ainsi que dans beaucoup d'écorces; elle disparaît dans les feuilles quand elles prennent leur teinte automnale.

Arrivé à la limite à laquelle est maintenant parvenu ce Rapport, on éprouve un embarras extrême relativement à un assez grand nombre de travaux pour lesquels la chimie a prêté le concours le plus efficace à l'étude de la composition des plantes. Ces travaux rentrent beaucoup plus dans le domaine de la science des analyses que dans celui de la botanique; il n'existe donc pas de motifs sérieux pour qu'il en soit question ici; car il n'est pas douteux qu'ils n'occupent une place distinguée dans le tableau des progrès de la chimie à notre époque. Tels sont en particulier la plupart des beaux travaux de M. Payen sur la composition chimique des végétaux et quelques autres mémoires dont la mention et l'exposé trouveront ailleurs leur place naturelle.

B. *Matières inorganiques contenues dans les cellules.* Les matières

MM. Chatin et Filhol. (*Comptes rendus*, LVII, 1863, p. 39-42; *Bulletin de la Société botanique de France*, X, 1863, p. 316-319.)

inorganiques jouent, dans les végétaux, un rôle important dont on a même quelquefois exagéré l'utilité, puisqu'on a été jusqu'à voir dans celles qui sont puisées au dehors les seuls éléments de la nutrition végétale; mais ces matières existent sous deux états différents, qui peuvent être déterminés et reconnus par deux modes de recherches entièrement distincts. Le plus souvent elles existent à l'état de dissolution dans le suc cellulaire, ou même elles sont incorporées dans l'épaisseur des parois des cellules, comme l'a reconnu M. Payen[1]. Dans l'un et l'autre cas, leur existence ne peut être manifestée, leur nature ne peut être reconnue que par les procédés de l'analyse chimique; dès lors la détermination qui en est faite par ces procédés, quelque utiles qu'en soient les résultats comme fournissant un élément essentiel de la connaissance des plantes, sort du domaine de la botanique pour entrer dans celui de la chimie. Il suffit donc de mentionner ici, sans s'y arrêter, quelques-uns des travaux assez nombreux qui ont eu pour objet, soit unique, soit partiel, la recherche de ces matières inorganiques. De ce nombre sont certaines parties des sept mémoires que M. Payen a publiés sous le titre général de *Mémoires sur les développements des végétaux*[2], surtout le mémoire dans lequel MM. Malaguti et Durocher ont exposé la répartition de ces matières dans les principales familles[3], et celui qui renferme les résultats des recherches de M. Garreau touchant la distribution des mêmes substances dans les différents organes[4].

[1] Note sur des composés à base minérale dans l'épaisseur des parois des cellules, par M. Payen. (*Comptes rendus*, XV, 1842, p. 907; *Ann. des sciences nat.* 2e série, XVIII, 1842, p. 356-359.)

[2] *Mémoires des savants étrangers*, VIII, 1843, et IX, 1846.

[3] Recherches sur la répartition des éléments inorganiques dans les principales familles du règne végétal, par MM. Malaguti et Durocher. (*Comptes rendus*, XLIII, 1856, p. 384-388, 446-450, 482-484; *Ann. des sciences nat.* 4e série, IX, 1858, p. 222-256.)

[4] Recherches sur la distribution des matières minérales fixes dans les divers organes des plantes, par M. Garreau. (*Comptes rendus*, L, 1860, p. 26-29; *Ann. des sciences nat.* 4e série, XIII, 1860, p. 146-218, pl. 12.)

Dans des cas assez fréquents, les substances inorganiques ou minérales passent à l'état concret ou solide à l'intérieur des cellules; elles se montrent alors en concrétion ou bien en cristaux dont les formes sont nécessairement en rapport avec la nature de la matière qui les forme. C'est par l'observation directe, sous le microscope, qu'on peut reconnaître l'existence et la forme de ces corps solides inorganiques contenus dans les cellules; leur examen est donc rigoureusement du ressort de la botanique. Néanmoins les cristaux et les concrétions, n'ayant qu'une faible importance pour l'organisation végétale, n'ont fixé que rarement, et presque toujours d'une manière incidente, l'attention des observateurs, et celui d'entre eux à qui la science doit le plus de données sous ce rapport est M. Payen, dont les mémoires sur les développements des végétaux renferment à cet égard des détails circonstanciés[1]. Les plus remarquables d'entre les concrétions intracellulaires sont certainement celles qui, observées et décrites d'abord par Meyen, vers 1827, dans les feuilles du *Ficus elastica* et de divers autres Figuiers, ont été plus récemment examinées avec soin par M. Payen, ensuite et spécialement par M. Weddell, qui leur a donné le nom de *Cystolithes*. On sait que ces corps forment de petites masses globuleuses, ovoïdes, oblongues, ou de configurations différentes, suspendues comme un lustre, par un filet grêle, au plafond des cellules de l'épiderme qui se sont considérablement amplifiées pour les loger. Parfois ces corps, qui existent dans la généralité des Urticées et qu'on a retrouvés dans les Acanthacées, se montrent à l'intérieur de cellules situées plus ou moins profondément dans le tissu de ces végétaux. On leur a successivement assigné des compositions diverses : Meyen crut que c'étaient des masses de gomme, et il les appela d'un nom qui exprime ses idées à ce sujet (*Gummikeule*).

[1] En particulier, 5e mémoire intitulé : *Concrétions et incrustations minérales*, par M. Payen. (*Mémoires des savants étrangers*, IX. 1846. p. 72-112.) — 7e mémoire intitulé : *Composés à bases minérales dans les parois des cellules et les méats intercellulaires; cristaux du Pandanus, etc.* par le même. (*Ibid.* p. 148-253.)

Plus récemment, M. Payen en a fait l'objet de recherches attentives (*Mémoires sur les développements des végétaux*), qui l'ont conduit à dire que ce sont des groupes de cellules dans chacune desquelles se dépose du carbonate de chaux qui finit par en remplir la cavité. Enfin M. Weddell a été conduit par ses travaux sur les plantes de la famille des Urticées à reprendre l'étude de ces mêmes corps[1]; il a reconnu qu'ils consistent en cellulose disposée par couches entre lesquelles se déposent des sortes de nodules calcaires, et que cette cellulose ne forme pas de cellules; il a constaté de plus que le pédicule qui suspend le cystolithe au plafond de la cavité cellulaire est un fil, toujours grêle, parfois même d'une extrême ténuité, dont la substance est de la cellulose homogène, et dont l'extrémité libre a été comme le noyau de la formation complexe qu'il supporte. L'action d'un acide, en faisant disparaître le carbonate de chaux, permet de reconnaître sans peine les couches de cellulose entre lesquelles se trouvait cette matière calcaire. On voit donc que ces formations singulières sont inorganiques en partie seulement, et qu'elles constituent une émanation de la substance même des cellules qui les renferment.

[1] Sur les cystolithes ou concrétions calcaires des Urticées et d'autres végétaux, par M. H.-A. Weddell. (*Ann. des sc. nat.* 4e série, II, 1854, p. 276-272, pl. 18.)

# CHAPITRE III.

## PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

Dans le cours de leur existence, les plantes accomplissent des phénomènes variés dont les uns reposent sur l'action de l'organisme entier, tandis que les autres sont l'apanage spécial d'un seul organe ou tout au plus d'un petit nombre d'organes; la physiologie végétale, qui a pour objet d'étudier ces phénomènes de tout ordre, a par cela même un champ étendu et qui d'ailleurs n'est pas circonscrit entre des limites aussi nettement tracées que les deux branches de la science dont il a été question jusqu'ici dans ce Rapport. En effet, tandis que celles-ci n'opèrent, excepté dans des cas peu nombreux, qu'au moyen de l'observation directe faite soit à l'œil nu, soit avec le secours du microscope, la Physiologie est fréquemment obligée d'appeler à son aide d'autres sciences, en particulier la chimie, afin de déterminer la nature des matières sur lesquelles s'exerce l'activité vitale ou à la formation desquelles elle donne naissance. Il en résulte que, dans ces derniers temps, beaucoup de chimistes et de physiciens ont fait des excursions profitables sur le domaine de la physiologie, et que leurs travaux peuvent être revendiqués presque avec des droits égaux par la botanique et par les sciences qui formaient l'objet essentiel des études de leurs auteurs.

L'exposé qui va suivre se ressentira nécessairement, sous plusieurs rapports, de la difficulté de classement qui découle de cette circonstance, et, selon le point de vue auquel on se placera, il semblera laisser parfois des lacunes, peut-être aussi renfermer çà et là quelques superfétations.

Quant à la classification des travaux qui doivent y être mentionnés, elle est indiquée par les phénomènes auxquels ils se rap-

portent et dont chacun sera l'objet d'un article spécial. Toutefois il n'est pas inutile de faire observer que certains des écrits qui devront être signalés touchent à la fois à plusieurs faits physiologiques différents, et qu'ils seront dès lors compris dans l'article auquel ils paraîtront se rattacher le plus naturellement. — En outre, à l'histoire des progrès qu'a faits en France la physiologie végétale, dans le cours des vingt-cinq dernières années, sera joint, dans un article supplémentaire, le relevé des ouvrages et mémoires qui ont eu pour objet l'étude du développement des organes considérés quant à leur forme et à leurs rapports, c'est-à-dire l'organogénie. Cette branche de la science, est d'origine récente, et, en particulier, sa portion relative à la naissance et à l'accroissement des organes floraux remonte à peine au delà de la période qu'embrasse ce Rapport.

Enfin la série des articles que doit comprendre ce chapitre sera déterminée, autant que possible, par la suite des phénomènes qui se succèdent ou s'enchaînent pendant la vie d'une plante; elle commencera donc par la germination qui marque la naissance de l'être végétal, réduit auparavant à l'état d'embryon, dans la graine.

### ART. 1er. — GERMINATION.

Le phénomène de la germination, qui marque le point de départ de toute évolution végétale, est plutôt le résultat général d'une somme de faits qu'un fait unique et isolé. Pendant qu'il se produit, non-seulement l'embryon, sortant de l'état de torpeur auquel il était réduit dans la graine, se développe et s'accroît dans ses diverses parties au point de devenir bientôt une jeune plante, mais encore il consomme, pour fournir à son accroissement, les matières nutritives préalablement accumulées soit dans le tissu même de son corps cotylédonaire, soit dans l'albumen qui l'accompagne fréquemment. Cette nutrition ne peut évidemment s'opérer, comme celle de tout être vivant, qu'en déterminant des élaborations diverses à l'intérieur des cellules, et une absorption avec un

dégagement corrélatif de gaz à l'extérieur de la graine germante. Il y a donc à la fois un accroissement, une évolution et des actes physiologiques variés. Cette seule considération fait comprendre à combien de points de vue différents on peut envisager la germination : tantôt c'est la marche générale du phénomène que l'on considère, et en particulier les modifications de substance et les actes respiratoires qui l'accompagnent, c'est-à-dire la physiologie propre et l'anatomie de ce grand phénomène; tantôt c'est la succession des formes et des phases d'accroissement de la plantule qui attire l'attention principalement ou même d'une manière exclusive; en d'autres termes, c'est l'histoire organographique de l'embryon devenant plante qu'on s'attache alors à tracer dans ses détails; dans ce dernier cas, c'est presque toujours sur une espèce unique ou sur un petit nombre d'espèces analogues que l'observateur concentre ses études. Mais, bien que ces deux ordres de travaux puissent sembler distincts au premier coup d'œil, ils se relient entre eux par de nombreux points de contact; ils font connaître d'ailleurs les deux faces d'une question dont on doit embrasser l'ensemble pour en prendre une bonne idée; il ne semble donc pas possible de les séparer dans ce relevé, où la germination sera, pour ce motif, envisagée dans l'ensemble de son histoire. Ajoutons que la partie chimique de cet important phénomène a été fixée presque entièrement dans des écrits justement célèbres, que leur date reporte hors de la période des vingt-cinq dernières années, ou que la nationalité de leurs auteurs ne permet pas de faire entrer dans un tableau des progrès de la science française.

L'histoire de la germination a été tracée avec méthode et clarté par M. J. de Seynes, dans une thèse[1] qu'il suffit de mentionner, parce que, tout en résumant l'état de nos connaissances, elle n'en a pas sensiblement élargi le cercle; c'est le seul travail récent qui ait embrassé l'ensemble de ce grand phénomène. Le seul

[1] De la germination, par M. Jules de Seynes; thèse de concours, in-8° de 74 pages et 1 planche, Paris, 1863.

mémoire original qui ait encore un caractère de généralité, quoique se rapportant spécialement à la partie physiologique du même phénomène, est celui dans lequel M. le docteur Fleury a consigné les résultats de ses observations et de ses analyses[1]. Deux ordres de faits généraux y ont été étudiés, l'un assez succinctement, l'autre avec plus de détails : le premier consiste dans les dégagements gazeux qui s'opèrent pendant la germination; le second comprend les changements qui s'effectuent dans la composition chimique des graines oléagineuses à la même époque. Sous le premier de ces rapports, M. Fleury a énoncé, comme le résultat dernier de ses expériences, ce fait que la germination de certaines graines (c'est le Ricin qui lui a servi de sujet) peut répandre dans l'atmosphère un principe hydrocarboné dont il n'a pas déterminé la nature, et pour lequel il se demande même s'il ne consisterait pas en hydrogène libre accompagnant de l'oxyde de carbone. Il semble ne pas considérer ses recherches comme complètes à cet égard. Sous le second rapport, les graines mises en observation par ce savant sont celles du Ricin commun, du Colza, de l'Épurge (*Euphorbia Lathyris* L.) et l'Amande douce (*Amygdalus communis* L.). Les faits dont elles sont le siége lui semblent prouver que la matière grasse accumulée dans les graines est destinée non-seulement à fournir des aliments à la combustion respiratoire du végétal germant, mais encore à lui procurer les nouveaux matériaux dont il a besoin pour s'accroître alors. Le premier produit de la transformation de cette matière paraît être le sucre ou la dextrine; ces deux substances s'organisent ensuite en cellulose, en perdant les éléments d'un ou de deux équivalents d'eau. L'oxygène de l'air ne se borne pas à brûler le carbone et l'hydrogène qui existent en excès dans les corps gras et résineux; son action oxydante va plus loin, et il se fixe sur la matière grasse; aussi un poids donné de graines acquiert-il toujours de l'oxygène pendant la germination. Quant aux graines amylacées,

[1] Recherches sur la germination, par M. G. Fleury. (*Adansonia*, IV, 1863-1864, p. 220-247.)

elles perdent toujours beaucoup plus de poids que les graines oléagineuses, la combustion de leur carbone devant être accompagnée de la disparition des éléments de l'eau. Les expériences de M. Fleury ne lui ont jamais montré une perte en azote supérieure aux quantités dont les analyses les plus exactes permettent de tenir compte avec certitude. Enfin la quantité d'acide carbonique produite par la germination comparée avec celle qui résulte de la respiration des oiseaux et des petits mammifères lui a semblé plus faible, mais seulement lorsque le poids de ces animaux est notablement inférieur à un kilogramme.

Deux questions importantes pour l'histoire surtout pratique de la germination consistent : 1° dans le plus ou moins de persistance de leur vitalité dans des conditions défavorables ; 2° dans la détermination du moment où leur embryon, encore imparfaitement formé, est déjà capable de se développer en une nouvelle plante, si l'on sème la graine qui le renferme. MM. Ch. Martins et Pouchet se sont occupés de la première de ces questions ; M. Duchartre a fait des expériences en vue de résoudre la seconde.

M. Ch. Martins a cherché à reconnaître si beaucoup de graines résisteraient à l'action longtemps prolongée de l'eau de mer, et dès lors seraient capables de germer après avoir longuement flotté sur ce liquide[1]. Quel que pût être le résultat de pareils essais, il devait apprendre si les courants marins peuvent, en transportant des graines loin de leur pays natal, contribuer efficacement à la dissémination de nombreuses espèces, ou si, au contraire, ce transport par la mer ne peut être invoqué comme l'explication de l'existence d'espèces disjointes, c'est-à-dire existant à la fois dans des contrées éloignées l'une de l'autre. C'est à Cette, à la surface de la Méditerranée, qu'ont été faites ces expériences, dans lesquelles M. Martins a opéré principalement sur de grosses graines ou sur

[1] Expériences sur la persistance de la vitalité des graines flottant à la surface de la mer, par M. Ch. Martins. (*Bull. de la Soc. bot. de Fr.* IV, 1857, p. 324-335.)

des semences d'espèces littorales. Le nombre total des espèces a été de quatre-vingt-dix-huit. Du 14 février 1856 au 1[er] avril suivant, c'est-à-dire pendant quarante-cinq jours durant lesquels elles ont flotté à la surface de la mer, cinquante-sept sont restées non altérées en apparence, mais trente-cinq seulement ont pu germer après cette épreuve; or, comme parmi elles seize étaient plus lourdes que l'eau salée, il s'ensuit que dix-neuf seulement auraient pu résister à quarante-quatre jours de flottaison. Cet espace de temps étant fort court relativement à celui que doit exiger le transport à travers l'immensité des mers, une nouvelle expérience fut faite, du 17 juin 1856 au 18 septembre suivant, c'est-à-dire pendant quatre-vingt-treize jours, ou trois mois, sur les trente-cinq espèces dont les graines avaient supporté précédemment le contact de l'eau de la mer pendant six semaines sans en être altérées. Vingt-trois échappèrent à la pourriture, et, sur ce nombre, neuf seulement purent ensuite germer. Comme celles de deux espèces sur les neuf étaient plus lourdes que l'eau, le résultat final était que les graines de sept espèces sur quatre-vingt-dix-huit s'étaient montrées aptes à germer après avoir flotté pendant trois mois sur l'eau de la mer. La conclusion générale que M. Ch. Martins tire de ses intéressantes expériences, c'est que le transport des graines par les courants marins doit avoir joué en tout temps et joue encore aujourd'hui un rôle insignifiant dans la diffusion des espèces végétales entre des pays séparés par la mer. « Or, ajoute-t-il, si l'on considère le nombre d'espèces disjointes qui n'auraient pu se répandre que par cette voie, l'idée de la multiplicité des centres de création acquiert tous les jours plus de probabilité. » Ajoutons que les expériences à peu près analogues qu'ont faites, vers la même époque, en Angleterre, MM. Berkeley et Ch. Darwin, quoique ayant donné des résultats peu différents, ont amené le dernier de ces naturalistes à une conclusion opposée; il y a vu, en effet, la preuve « que certaines plantes peuvent, dans des conditions favorables, être transportées à travers des bras de mer larges de trois cents milles ou même

plus, et que, si elles sont jetées sur la côte d'une île où n'existe pas leur espèce, elles peuvent s'y naturaliser. »

L'action dont M. Pouchet a voulu déterminer les effets est celle de l'eau bouillante[1]. Il lui avait été affirmé que, parmi les filaments de la laine du Brésil qu'on reçoit à Elbeuf, se trouvent entremêlés des fruits et des graines qui, après avoir subi une ébullition de quatre heures, pour les opérations de la teinture, restent en état de germer. La plus grande partie des fruits qui se trouvent enchevêtrés à ces laines appartiennent à un *Medicago* américain. M. Pouchet en a fait bouillir des quantités diverses pendant quatre heures, et après cette rude épreuve il en a obtenu chaque fois plusieurs germinations. Mais un examen attentif lui a permis de constater que toujours, au milieu de la masse de ces fruits que l'ébullition avait gonflés, puis désorganisés, il s'en trouvait çà et là quelques-uns que, pour une cause inconnue, l'eau n'avait point pénétrés, et qui dès lors étaient restés intacts; ce sont ceux qui, mis en terre, peuvent germer pour la plupart, bien qu'ils aient été maintenus à la température de 100° pendant quatre heures. Ce fait curieux prouve que, hors du contact de l'eau, une chaleur de 100° peut laisser à certains embryons la faculté de germer.

Le moment où les graines peuvent germer coïncide-t-il exactement avec leur parfaite maturité, ou arrive-t-il plus tôt? Telle est la question que M. Duchartre s'est proposé de résoudre expérimentalement[2]. Déjà plusieurs observateurs, Duhamel, Sénebier, Seiffert, MM. Goeppert et Cohn, avaient vu les graines de diverses plantes, récoltées plus ou moins longtemps avant leur maturité, germer sans difficulté; M. Cohn avait même posé ce principe géné-

[1] Expériences comparées sur la résistance vitale de certains embryons végétaux, par M. F.-A. Pouchet. (*Comptes rendus*, LXIII, 1866, p. 939-941.)

[2] Expériences sur la germination des céréales récoltées avant leur maturité, par M. Duchartre. (*Comptes rendus*, XXXV, 1852, p. 940-942; *Journal d'agriculture pratique*, 3e série, XVI, 1853, p. 177-180.)

ral, que l'aptitude à germer existe dans la généralité des graines assez longtemps avant qu'elles soient mûres. Mais les Graminées étaient précisément l'une des familles dont on s'était le moins occupé à ce point de vue, tandis que c'était celle pour laquelle il importait le plus de savoir si elle partage la propriété générale; aussi M. Duchartre a-t-il pris parmi nos céréales le sujet de ses expériences. Il a choisi pour cela deux sortes de Froment, le Seigle de mars et deux variétés d'Orges. Il a semé 100 grains de chacune de ces plantes, chaque jour, à partir d'une vingtaine de jours avant la maturité, et dans une seconde série d'expériences il a fait des semis analogues avec des grains semblables aux premiers, mais qui avaient été conservés pendant deux mois dans leur épi. Le résultat général a été qu'un certain nombre de grains de chaque sorte, même des moins avancés, ont germé, bien que l'examen sous le microscope eût montré qu'à cet âge l'embryon est encore fort imparfaitement développé; seulement leur germination a exigé d'autant plus de temps qu'ils avaient été semés dans un état moins avancé. Les Orges ont germé moins facilement, dans ces conditions, que le Seigle, surtout que les deux Froments. D'un autre côté, les grains qui avaient été conservés et qui, par conséquent, avaient été mis en terre après avoir séché, ont germé tout aussi bien que ceux qui avaient été semés aussitôt après avoir été détachés de la plante vivante. La faculté germinative existe donc de bonne heure pour nos céréales, et le principe établi par M. Cohn s'applique à la famille des Graminées comme à plusieurs autres.

Il n'est guère permis de douter que l'embryon de ces graines semées longtemps avant leur maturité ne commence par compléter son évolution après le semis, avant de s'accroître en une nouvelle plante.

Les études spéciales de germinations ont été assez multipliées dans ces dernières années, et les plantes qui en ont été l'objet sont, pour la plupart, des Monocotylédones; le motif de ce choix est que, dans cet embranchement du règne végétal, les premières

phases du développement de l'embryon se distinguent souvent par leur singularité, et que, dans certains cas, elles expliquent des particularités d'organisation fort obscures, ou du moins peu intelligibles sur la plante considérée à l'état adulte. Les Tulipes sont au nombre des Monocotylédones qui s'offrent, à l'origine, avec une apparence telle qu'elle peut faire croire à une constitution particulière; aussi M. Germain de Saint-Pierre, en ayant suivi la germination, a-t-il avancé[1] que chacune de ces plantes, lorsqu'elle sort de la graine, est uniquement constituée par une feuille cotylédonaire, surmontant une racine, sans qu'il existe en elle aucune partie intermédiaire qui puisse être considérée comme représentant une tige. Il a dit aussi que, à cet âge, cette jeune plante manque du bourgeon primordial ou de la gemmule qu'on y voit apparaître un peu plus tard au fond de la cavité d'un tube ou éperon formé par la feuille cotylédonaire. Mais, reprenant ces mêmes observations sur la Tulipe des jardins (*Tulipa Gesneriana* L.), M. J.-H. Fabre a cru devoir donner une tout autre interprétation de l'agencement de parties qu'offre cette espèce dans sa première jeunesse, et de la nature de ces parties elles-mêmes[2]. Il a montré qu'il n'y a pas lieu d'admettre que les Tulipes forment une exception isolée dans le règne végétal en ce qu'elles seraient d'abord privées d'axe ascendant ou de tige et de gemmule; il y a trouvé en effet l'un et l'autre; seulement le premier est très-peu développé, et, en se réfléchissant puis se soudant par une de ses faces avec un sac que produit la base du cotylédon, il forme l'éperon au fond duquel est placée la gemmule que déplace ensuite peu à peu l'allongement de l'axe. Cet habile observateur a trouvé une nouvelle preuve de l'existence constante de la tige, même dans les cas où on pourrait être le plus

[1] Structure des tiges chez les végétaux monocotylés; observations puisées dans l'étude de la germination des espèces du genre *Tulipa*, par M. Germain de Saint-Pierre. (*Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 159-162; III, 1856, p. 97-99.)

[2] Note sur la germination du *Tulipa Gesneriana*, par M. J.-H. Fabre. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, III, 1856, p. 93-97.)

porté à la méconnaître, dans la germination du Colchique d'automne (*Colchicum autumnale* L.), qu'il a suivie pas à pas avec la plus grande attention[1]. Il a décrit avec soin, dans la plante très-jeune, la feuille cotylédonaire engagée encore en partie dans les téguments de la graine qui reste sous terre, dégagée en même temps dans le reste de sa longueur, où elle forme une gaîne qui laisse sortir la pointe de la feuille suivante; ce cotylédon tient à un axe ascendant très-contracté, dont l'extrémité, qui ne peut être que la gemmule, est un faible mamelon tellement délicat que le moindre contact le détruit; alors aussi un faible étranglement existe entre la partie ascendante de la plante et la radicule. Toute délicate qu'elle est, la gemmule donne encore naissance à une autre feuille, après quoi elle est frappée d'impuissance. Un fait très-curieux, c'est qu'au moment où la jeune plante a pris, dans sa partie aérienne, tout son accroissement, il s'opère dans la base de sa feuille, dont le fond est occupé par la gemmule, un allongement considérable, mais descendant, qui, dit l'auteur, arrache la partie centrale de la plante de sa place originelle, rompt toutes ses connexions avec la feuille cotylédonaire et l'entraîne plus profondément en terre en même temps qu'elle s'enfonce dans la radicule, qui en est totalement désorganisée à sa partie supérieure, au point d'y être convertie en un sac inerte. Cette production descendante, qui va ainsi s'enfermer dans la radicule comme dans une gaîne protectrice et qui forme alors un cylindre, n'est pas autre chose que le jeune tubercule; celui-ci, environ quatre mois après la germination, devient conique et reste à nu, par suite de la destruction complète de la racine et de la disparition de l'enveloppe cotylédonaire. Il porte deux tuniques, et, à leur aisselle, deux bourgeons dont le plus bas, qui est aussi le plus vigoureux, donnera l'année suivante une pousse stérile; cette pousse, à sa base, s'organisera à son tour en un second tubercule

[1] Sur la germination du *Colchicum autumnale*, par M. J.-H. Fabre. (*Bulletin de la Société botanique de France*, III, 1856, p. 333-338.)

pour remplacer le premier. Pendant plusieurs années de suite il se formera ainsi une succession de tubercules stériles, jusqu'à ce qu'enfin il s'en produise un assez vigoureux pour développer une hampe florale.

Comparativement à la germination du Colchique, dans lequel le corps souterrain et renflé qui sert de base à la plante est appelé par les uns *bulbe solide*, et par M. Thilo Irmisch *tubercule axile*, il est intéressant de suivre les premiers développements d'une autre Monocotylédone pourvue d'une véritable bulbe normale. M. Lagrèze-Fossat nous fournit les éléments de cette comparaison. Il a décrit, en effet, la germination du *Pancratium illyricum* L.[1], dont il a vu les graines développer leur embryon à l'air libre, même au soleil, et à l'abri de l'humidité du sol. Il a reconnu qu'alors le cotylédon se prolonge, en dehors de la semence, en une longue gaîne fermée, qui renferme dans son extrémité libre, sensiblement renflée, un oignon rudimentaire formé par la base épaissie des deux premières feuilles; c'est dans cette même gaîne cotylédonaire que l'oignon continue de s'accroître, en absorbant la substance de l'albumen que cet auteur croit être transmise par le cotylédon; enfin il a cru voir la radicule ne se transformer en racines pouvant exercer leur faculté d'absorption dans la terre que lorsque la bulbe était entièrement formée, et le plus souvent même après que toute la substance de l'albumen avait été épuisée. Ce développement tardif de la radicule serait un fait singulièrement anormal, si l'analogie avec ce qui a lieu dans la généralité des Monocotylédones et les figures mêmes qui accompagnent le travail de M. Lagrèze-Fossat ne semblaient montrer qu'il s'agit ici simplement d'une production successive de racines adventives remplaçant une radicule atrophiée.

Dans un mémoire[2] qui avait pour objet spécial l'étude du genre

[1] De la germination du *Pancratium illyricum*, par M. Lagrèze-Fossat. (*Bulletin de la Société botanique de France*, III. 1856, p. 210-213.)

[2] Observations sur le genre *Aponogeton*, etc. par M. J.-E. Planchon. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, I. 1844. p. 108-120. pl. 9.)



*Aponogeton* au point de vue de l'organisation des plantes qu'il comprend et de la place qu'il convient de lui donner parmi les familles des Monocotylédones, M. J.-E. Planchon avait décrit incidemment[1] la germination de l'*Aponogeton distachyum*, jolie plante aquatique, aujourd'hui naturalisée dans le Lez, près de Montpellier; M. Germain de Saint-Pierre s'est occupé, à son tour, du même sujet[2], et aux faits déjà connus sur l'organisation et le premier développement de l'embryon dans cette espèce il en a ajouté plusieurs, relatifs à l'évolution ultérieure de la jeune plante, dont la première feuille est filiforme, tandis que les suivantes ont un limbe de plus en plus élargi, dans laquelle aussi il se produit bientôt, à la base du cotylédon, une « racine globuleuse, » analogue à la formation qu'offre le *Tamus communis* pendant sa première année, et qui émet, comme celle-ci, des fibres radicales filiformes. — Le même botaniste a donné encore quelques détails sur la germination du *Posidonia Caulini* Kœnig, plante curieuse à plusieurs égards, qui existe en très-grande abondance au fond de la Méditerranée, le long des côtes, et dont néanmoins l'organisation est restée assez imparfaitement connue presque jusqu'à ces derniers temps, parce qu'on n'en avait trouvé que très-rarement les fleurs et les fruits[3].

La Belle-de-nuit à longue fleur est la seule Dicotylédone dont la germination ait fourni le sujet d'un travail spécial. M. A. Gris a observé avec soin le développement premier de cette plante, et il s'est attaché surtout à reconnaître les modifications ainsi que les productions de substances qui s'y opèrent à cette époque dans le tissu des cotylédons et de l'axe[4]. En recourant simultanément

[1] *Loc. cit.* p. 117.

[2] Sur la germination de l'*Aponogeton distachyum*, par M. Germain de Saint Pierre. (*Bulletin de la Société botanique de France*, IV, 1857, p. 577-580.)

[3] Sur la germination et le mode de développement du *Posidonia Caulini*, par M. Germain de Saint-Pierre. (*Bulletin de la Société botanique de France*, IV, 1857, p. 575-577.)

[4] Sur la germination du *Mirabilis longiflora*, par M. A. Gris. (*Bulletin de la Société botanique de France*, XI, 1864, p. 120-123.)

à l'observation sous le microscope et à l'action des réactifs, ce botaniste a reconnu que, dès le commencement de la germination, les granules d'aleurone qui remplissaient d'abord le parenchyme des cotylédons disparaissent et sont remplacés par des grains d'amidon, les uns composés, les autres simples et beaucoup plus petits. A son tour, cette matière amylacée, qu'accompagne un substratum granuleux et colorable en brun par l'iode, est en train de disparaître lorsque les parois des cellules commencent à se revêtir d'une couche verdâtre granuleuse, première forme de la chlorophylle; bientôt on voit des grains de chlorophylle munis de noyaux amylacés, et finalement les globules sphériques de la même matière verte semblent engagés dans un revêtement pariétal très-finement granuleux. L'épiderme des cotylédons est lui-même le siége de phénomènes analogues, puisqu'il s'y produit aussi de l'amidon, développé, de la manière la plus évidente, autour ou à la surface du nucléus cellulaire et avant l'apparition des stomates; enfin ces mêmes cellules épidermiques, après avoir perdu leur contenu azoté et hydrocarboné, montrent de petits granules de chlorophylle, fait assez exceptionnel pour être mis nettement en relief.

Cette note intéressante de M. A. Gris se rattache au grand travail sur la germination qui lui a valu le grand prix des sciences physiques décerné, pour 1863, par l'Académie des sciences de Paris. Ce travail, qui a été déjà mentionné (voyez p. 87) à propos des substances contenues dans les cellules, est l'un des écrits les plus importants qui aient été publiés jusqu'à ce jour sur la germination, considérée au point de vue des modifications qu'elle détermine dans la composition des graines. Ce qui en a été dit plus haut ne permet pas d'en parler de nouveau en ce moment. Il suffit donc de le rappeler dans cet article pour compléter l'indication des mémoires qui, dans ces derniers temps, ont fait faire les plus grands progrès à la science, relativement au phénomène fondamental de la germination.

ART. 2. — ACCROISSEMENT.

§ 1. Accroissement de l'axe.

La connaissance de l'accroissement général des végétaux, et en particulier de leur axe ascendant ou de la tige qui en forme comme la charpente, est l'une de celles que les physiologistes ont le plus grand intérêt à acquérir. Aussi s'en sont-ils toujours vivement préoccupés; déjà, lorsque les faits qui seuls pouvaient éclairer cette question fondamentale étaient encore assez imparfaitement connus, ils proposaient des hypothèses pour les relier en corps de doctrine; ils en faisaient la base de systèmes explicatifs, et presque jusqu'à nos jours, où l'expérimentation est devenue plus exacte et mieux raisonnée, où l'observation a pris un caractère de précision rigoureuse qu'elle ne pouvait avoir auparavant, les théories n'ont pas cessé de se succéder en grand nombre et de rendre compte des mêmes particularités de manières différentes ou même contradictoires. Toutefois ces dernières années ont vu s'opérer, sous ce rapport, un progrès important, et ce n'est pas un des moindres services qu'elles aient rendus à la physiologie végétale que de l'avoir enrichie d'un ensemble d'observations et d'expériences, en présence desquelles il semble n'y avoir plus de place aujourd'hui pour les idées systématiques.

Comme c'est surtout en France, et par des savants français, que ce progrès a été accompli, le résumé des travaux qui en ont été les éléments essentiels rentre naturellement dans le cadre de cet article; toutefois il est bon d'y donner place également et en premier lieu à l'indication de quelques autres écrits qui se rapportent à l'accroissement des plantes, considéré quant à son résultat général et extérieur, et non dans ses détails intimes ou anatomiques.

I. *Accroissement considéré en général.* MM. Ch. Martins et A. Bravais ont fait connaître comment et dans quelles proportions s'opère la croissance du Pin sylvestre dans le nord de l'Europe[1]. Ils ont

[1] Recherches sur la croissance du Pin sylvestre dans le nord de l'Europe, par MM. A. BRAVAIS et CH. MARTINS. (*Ann. des sc. nat.* 2ᵉ série, XIX, 1843, p. 129-148.)

montré qu'au point le plus septentrional où arrive cet arbre, dans la presqu'île Scandinave, à Kaafiord, en Finmark, par 70° environ de latitude nord, les couches annuelles du bois sont assez minces pour ne pouvoir être distinguées nettement sans le secours de la loupe, et qu'elles deviennent ensuite de moins en moins minces, à mesure qu'on descend vers le sud. La dureté et la densité de ce bois croissent en proportion de la minceur de ses couches; mais, quand elles sont au maximum, à Kaafiord, elles ne sont pas accompagnées d'élasticité, et il faut descendre vers 60°, à Geffle, pour retrouver dans le bois du Pin cette dernière propriété alliée aux deux premières dans les proportions qui le rendent de qualité tout à fait supérieure pour la marine. Ils ont constaté que le plus grand accroissement annuel arrive à un âge d'autant plus avancé que la latitude est plus haute : à 40 ans à Halle, par 51°30'; à 178 ans à Kaafiord, par 69°57'. La croissance en hauteur est en rapport avec celle en épaisseur, de telle sorte qu'elle est d'environ $0^m,200$ vers le 64ᵉ parallèle, et encore moindre plus au nord. Enfin, si la rigueur du climat amène une diminution prononcée dans l'épaisseur des couches ligneuses, elle est sans influence sur la vigueur de la végétation pendant toute la vie de l'arbre, et cette double circonstance influe puissamment sur la distribution géographique du Pin dont il s'agit. Comme conséquence pratique de leurs observations, MM. Ch. Martins et A. Bravais ont conseillé de planter des Pins sylvestres sur les montagnes des pays moins septentrionaux, à une hauteur telle qu'ils y trouvent un climat analogue à celui du nord et que leurs couches annuelles n'y acquièrent aussi qu'un millimètre environ d'épaisseur, condition essentielle pour que le bois de ces arbres possède les qualités qui se distinguent dans ceux qui croissent en Suède. Les environs de Briançon, jusqu'à une hauteur de 500 mètres au-dessus de la ville, leur semblent être, en France, la localité la plus convenable pour de pareilles plantations.

S'il importe de déterminer l'action du climat sur l'accroissement, il y a également intérêt à rechercher si les alternatives du jour et

de la nuit exercent sous le même rapport une influence appréciable.

Lorsque M. Duchartre a porté son attention sur ce sujet[1], la science ne possédait qu'un nombre assez restreint d'observations, qui, pour la plupart, donnaient à la croissance diurne la prédominance sur la croissance nocturne. Or, contrairement à ce résultat, M. Duchartre a été surpris de constater par ses mesures prises en août et septembre que, pour la Vigne, le Fraisier, la Passerose, le Houblon, parmi les Dicotylédones, ainsi que pour deux variétés horticoles de Glaïeuls parmi les Monocotylédones, l'allongement de la tige était en général plus considérable entre six heures du soir et six heures du matin, c'est-à-dire pendant la période nocturne, qu'entre six heures du matin et six heures du soir, ou pendant la période diurne. La différence qu'il a mesurée a été plusieurs fois du double au simple, quelquefois même du triple au simple; mais ordinairement elle était moins prononcée.

La publication de ces faits a provoqué une communication intéressante de M. Ch. Martins à l'Académie des sciences, relativement à la croissance diurne et nocturne du *Dasylirion gracile*, du *Phormium tenax* et de l'*Agave americana*[2]. Le savant directeur du Jardin des Plantes de Montpellier a reconnu que, dans la première et la seconde de ces plantes, la croissance est plus forte pendant la nuit que pendant le jour, dans le rapport de 1 à 0,63 pour le *Dasylirion*, de 1 à 0,88 pour le *Phormium*. Le contraire a lieu pour l'*Agave* dont la hampe gigantesque s'élève pendant le jour d'un tiers, en moyenne, plus que pendant la nuit. Il semble donc

[1] Observations sur l'accroissement de quelques plantes pendant le jour et pendant la nuit, par M. P. Duchartre. (*Comptes rendus*, LXII, 1866, p. 815-822; *Journal de la Société impériale et centrale d'Horticulture*, XII, 1866, p. 212-221.)

[2] Sur la croissance diurne et nocturne des hampes florales du *Dasylirion gracile* Zucc. du *Phormium tenax* Forst. et de l'*Agave americana* L. par M. Ch. Martins. (*Comptes rendus*, LXIII, 1866, p. 210-212; *Annales de la Société d'Horticulture et de Botanique de l'Hérault*, VI, 1866, p. 97-101, avec une planche coloriée.)

difficile de rattacher encore ces faits contradictoires à une loi générale.

Lorsqu'une plante végète, on peut se demander si sa croissance forme comme un tout indivisible, ou si, au contraire, elle est la somme d'un grand nombre de développements individuels entre lesquels il puisse exister plus ou moins d'indépendance; pour préciser davantage, on peut se demander si les bourgeons desquels proviennent, chaque année, les pousses nouvelles dans les végétaux ligneux de nos contrées, pourraient, sur la même plante, les uns s'ouvrir et pousser, les autres rester endormis, selon que les circonstances extérieures seraient différentes pour les uns et les autres. Déjà l'on avait vu quelquefois une portion d'un pied de Vigne, par exemple, introduite en hiver dans une serre, y développer des pousses, tandis que l'autre portion restée à l'air libre ne présentait aucune végétation visible. M. Duchartre s'est proposé de rendre cette expérience plus démonstrative que lorsqu'elle avait été faite à peu près accidentellement. Dans ce but, il a planté quatre pieds de Vigne, deux en pleine terre, à l'extérieur et à côté d'une serre chaude, les deux autres dans deux grands pots placés dans cette même serre. En remplaçant les vitres par des planches percées de trous convenables, il a pu disposer les longues tiges de ces Vignes de telle sorte que chacune eût successivement des parties à l'air libre extérieur et d'autres dans la serre chaude. Le résultat de ces expériences a été le même pour toutes[1] : toujours les bourgeons ont donné leurs pousses, pendant l'hiver, sur les parties soumises à la température chaude de la serre, tandis qu'ils sont restés fermés jusqu'au printemps sur celles qui étaient placées à l'air libre et froid de l'extérieur. On a donc vu successivement la même tige à l'état hivernal dans le bas, plus haut chargée de pousses feuillées, plus haut encore nue comme dans sa première portion, ou bien ailleurs

[1] Expériences sur le développement individuel des bourgeons dans la Vigne, par M. P. DUCHARTRE. (*Comptes rendus*, LX, 1865, p. 754-759; *Journal de la Société impériale et centrale d'Horticulture*, XI, 1865, p. 287-295.)

en végétation dans sa partie inférieure, sans pousses plus loin, plus loin encore bien feuillée, selon la disposition qui lui avait été donnée. Les bourgeons se sont dès lors comportés avec une parfaite indépendance, en raison de la température à laquelle ils étaient soumis, et comme s'ils avaient formé tout autant d'individualités distinctes et séparées.

Enfin un point important à connaître relativement à la végétation de chaque espèce végétale consiste à savoir pendant combien de temps sa croissance peut être suspendue, tout en conservant la faculté de recommencer ensuite, aussitôt que les circonstances lui deviennent favorables. M. Pépin a fait connaître à ce sujet une série d'observations d'un intérêt évident[1]. Le point de départ de ses expériences a été formé par la connaissance de ce fait, qu'un gros Oranger, cultivé en caisse, après avoir été fort négligé pendant longtemps, avait été réduit presque à son tronc seul par la suppression successive de ses branches et de ses racines, et avait été jeté dans un coin d'un cellier où il était resté tout à fait à nu pendant deux années. Ensuite le tronc de cet arbre était demeuré quatre années couché par terre en guise de chantier servant à supporter des tonneaux; néanmoins, comme l'écorce en était encore verte au bout de ce long espace de temps, on eut l'idée de le remettre en terre et de le soigner; peu de mois lui suffirent pour émettre des racines et des pousses; après une année de culture, il avait déjà reformé une tête vigoureuse et abondamment feuillée. Un fait analogue est aussi rapporté par M. Pépin comme s'étant produit dans une belle et riche orangerie qui resta fermée pendant six années, pendant l'absence forcée de son propriétaire; elle renfermait trois cents beaux arbres qui passèrent ce long espace de temps complétement abandonnés. Bien qu'ils parussent alors tout à fait desséchés, on leur donna de nouveau des soins, dont l'effet fut tel que

[1] Observations sur la faculté que présentent certains végétaux de conserver longtemps leur puissance végétative, et de produire ensuite des racines et des bourgeons, par M. Pépin. (*Ann. des sc. nat.* 2e série, XV, 1841, p. 269-278.)

le tiers de ces arbres rentrèrent en végétation et ne tardèrent pas à reformer une belle tête feuillée. Éclairé par la connaissance de ces deux faits, M. Pépin a fait de nombreuses expériences pour reconnaître pendant combien de temps différentes espèces de végétaux peuvent conserver leur vitalité; il en a résumé les résultats dans un tableau qui montre que trente-cinq arbres ou arbrisseaux et trente-huit herbes vivaces se sont remis à végéter après que leurs racines étaient restées enfouies et inactives pendant deux, trois, quatre et quelquefois même dix années consécutives.

II. *Accroissement considéré dans ses détails intimes.* L'accroissement des végétaux, étudié dans ses détails intimes, nous montre, s'opérant annuellement dans chaque axe, la production de parties nouvelles qui en déterminent l'augmentation en épaisseur ou en longueur, ou dans les deux sens à la fois. C'est seulement en longueur que s'accroissent la plupart des Monocotylédones, une fois que leur tige est arrivée à un diamètre déterminé, dans le cours d'une première période végétative; c'est à la fois en épaisseur et en longueur que gagnent annuellement certaines autres Monocotylédones et toute l'immense série des Dicotylédones. Les nouvelles parties corticales et surtout ligneuses dont la production détermine cette croissance peuvent être conçues comme se formant d'après deux marches différentes : soit parce qu'elles émaneraient de points végétatifs terminaux ou superficiels, bourgeons ou feuilles, et se propageraient ensuite de proche en proche dans l'intérieur de l'axe végétal, s'étendant progressivement de haut en bas, comme des sortes de racines intérieures; soit parce qu'elles se produiraient sur place, au point même qu'elles doivent toujours occuper, et par le fait d'une émission de matière ou d'une transformation de tissus déjà existants. Non-seulement ces deux marches ont été admises comme possibles, mais encore elles ont donné lieu à la création de théories entièrement divergentes de l'accroissement végétal, et ces théories, développées, soutenues avec talent, donnant lieu à des polémiques parfois très-vives, ont ainsi amené la publication de

nombreux écrits qui ont contribué puissamment aux progrès de la botanique physiologique. Pendant le cours des vingt-cinq dernières années, ces écrits se sont beaucoup multipliés ; ils ont été comme les pièces d'un procès débattu principalement devant l'Académie des sciences de Paris, et ils ont fait connaître des observations nombreuses, des expériences démonstratives, à ce point qu'il serait difficile à tout esprit impartial de ne pas regarder aujourd'hui cette question si longtemps controversée comme parvenue enfin à sa solution définitive. Il y aura donc un véritable intérêt d'actualité à résumer ici les travaux qui ont amené cet important résultat.

Les théories de l'accroissement végétal qui font marcher les formations ligneuses et corticales du haut vers le bas ont eu pour origine première une note consignée par De la Hire, dans la collection des Mémoires de l'Académie des sciences de Paris, pour l'année 1708. Aux yeux de ce savant, chaque branche provenant du développement d'un bourgeon est une nouvelle plante comparable à celles qui sont fixées au sol ; mais, tandis que celles-ci enfoncent leurs racines dans la terre, les branches-plantes, ne montrant au dehors que leur portion analogue à la tige, enfoncent leur racine entre le bois et l'écorce. Ce sont ces racines qui se réunissent pour former les nouvelles couches ligneuses. En 1751, l'Allemand G.-F. Moeller, en 1800, l'Anglais Darwin exprimèrent des idées analogues; mais ce fut en réalité Dupetit-Thouars qui, en 1805 et 1806, formula et développa l'ensemble de cette théorie de l'accroissement descendant, en l'appuyant sur des observations spécieuses et sur les arguments démonstratifs à ses yeux que lui fournissaient son esprit ingénieux et sa profonde science. Aussi est-il généralement regardé comme l'auteur de cette séduisante théorie.

Toutefois cette même théorie fut modifiée notablement au bout de quelques années : elle considérait chaque bourgeon comme un germe unique analogue à une graine, ou même comme un individu vivant pour son propre compte; partant de cette considération

que chaque bourgeon est en réalité une formation très-complexe, puisqu'elle réunit un axe et des feuilles, le Suédois C.-A. Agardh, en 1829, et, quelques années plus tard, Gaudichaud, en France, ont vu dans chaque feuille même le véritable individu végétal dont le prolongement inférieur, appelé queue par le premier, filet radiculaire par le second, constituerait, en se réunissant à ceux des autres feuilles, les nouvelles couches annuelles. Cet individu élémentaire était appelé *Phyton* par Gaudichaud.

Ce botaniste a exposé cette théorie dans le grand mémoire déjà cité plus haut (voy. p. 46), pour lequel il a partagé, en 1833, le prix de physiologie expérimentale fondé par de Montyon à l'Académie des sciences de Paris, mémoire dont la publication n'a eu lieu qu'en 1841, et qui appartient par conséquent au commencement de la période qu'embrasse le présent Rapport. Il l'a nommée *Théorie des mérithalles*, et il a fait observer que, analogue sous certains rapports à celle d'Aubert Dupetit-Thouars, elle en diffère beaucoup néanmoins. En voici l'exposé succinct extrait en résumé de son mémoire et formulé dans les termes qu'il emploie lui-même :

Tout, dans les végétaux dicotylédonés, se forme dans les bourgeons. Ces bourgeons sont composés de parties homogènes, mais formant des verticilles différents; ces parties sont susceptibles, selon le rang qu'elles occupent, de développements divers, d'où résultent les organes connus sous le nom de feuilles, d'écailles, de calices, de corolles, d'étamines, de carpelles, d'ovules, de cotylédons, etc. Ces organes ne sont que les différents états de modification d'un végétal originel unique, le *phyton*. Ils se composent tous, à leur état normal, de trois parties ou mérithalles, un inférieur (tige, pédoncule, gynophore, androphore, etc.), un moyen (pétiole, ovaire, filet de l'étamine, etc.), un supérieur (le limbe de la feuille, le style ou stigmate, l'anthère, etc.). Ces trois parties principales du végétal primitif sont représentées par la tigelle, le pétiole et le limbe d'une feuille cotylédonaire. Elles se développent de bas en haut, à partir

d'un point donné (le mésocauléorhize Gaudic.), et constituent le système ascendant des végétaux, système caractérisé par la présence de vaisseaux particuliers parmi lesquels dominent les trachées. De la base de ce système ascendant ou aérien part un système descendant ou radiculaire qui se distingue par des vaisseaux tubuleux (rayés, ponctués). Ce système descendant contribue, pour une grande partie, à la formation des couches ligneuses du tronc et fibreuses de l'écorce, ou, autrement dit, à l'accroissement en largeur du tronc des végétaux dicotylédonés vivaces et de leurs racines. D'après cela, une tige de Dicotylédone est formée primitivement de deux cotylédons, c'est-à-dire de deux végétaux primitifs simples ou embryons monocotylédonés, puis de feuilles situées les unes au-dessus des autres (d'où l'accroissement en hauteur), dont les mérithalles inférieurs ou tigellaires sont successivement couverts par les tissus radiculaires ou descendants des feuilles supérieures, et par des couches également successives de tissus cellulaires de différente nature (d'où l'accroissement dit en largeur des tiges, en épaisseur des couches concentriques). Les tiges ligneuses des Monocotylédones s'accroissent de la même manière, c'est-à-dire par un système ascendant, par un système descendant et par un développement utriculaire improprement nommé rayonnement médullaire.

Telle est cette théorie à propos et à l'appui de laquelle Gaudichaud a présenté successivement à l'Académie des sciences de Paris de nombreuses notes qui ont été mentionnées plus haut (voy. p. 58). Toutefois, malgré le grand retentissement qui lui a été donné, peu de botanistes français l'ont adoptée, et le nombre de mémoires publiés en vue de l'appuyer a été très-faible. Le plus important est celui dans lequel MM. Durand et Manoury, de Caen[1], ont cherché à démontrer la formation des tissus de la tige par descension surtout à l'aide d'expériences de décortication faites sur des Betteraves. Malheureusement, de même que dans tous les écrits

[1] Sur l'accroissement en diamètre des plantes dicotylées, par MM. Durand et Manoury. (*Mémoires des savants étrangers*, XII, 1854, p. 169-203, 4 planches.)

publiés en faveur de la théorie dont il s'agit, les déductions y sont tirées de faits observés après la formation complète des tissus, sans examen anatomique suffisant de leur formation première, et par conséquent sans démonstration réelle.

Les autres travaux sur l'accroissement des plantes qui ont été publiés en France, dans le cours des vingt-cinq dernières années, ont eu pour objet de prouver que l'axe végétal n'est point dû, comme le disait Gaudichaud, à une production émanant des feuilles, puisque celles-ci naissent de lui et par conséquent apparaissent après lui, et que la croissance de cet axe est l'effet, non d'un développement de tissus s'opérant de haut en bas, mais d'une production sur place.

Dès 1842, M. Naudin s'était prononcé nettement en ce sens, dans une note peu étendue[1] qu'a suivie, après un intervalle de deux années, un mémoire plus développé[2]. « Au centre des bourgeons, dit-il dans le premier de ces écrits, la formation des axes précède nécessairement celle des appendices. Ces axes s'allongent indéfiniment par un afflux continuel de matière organique à leur extrémité, qui est toujours transparente, incolore, comme gélatineuse, arrondie ou conique, et, dans la plupart des cas, suivie de près du développement des feuilles. Celles-ci se forment, dans le principe, par une sorte de repli ou de pincement du tissu de l'axe rudimentaire, dont elles ne diffèrent alors ni par leur couleur, ni par leur consistance. »

Dans son second mémoire, ce botaniste confirme ses premiers énoncés, en les développant et en les appuyant de faits précis. Il affirme qu'il ne saurait se produire aucun appendice (feuille) sans un tissu axile préalable, quelle qu'en soit la forme. Mais ce tissu

[1] Résumé de quelques observations sur le développement des organes appendiculaires des végétaux, par M. Ch. Naudin. (*Annales des sciences naturelles*, 2e série, XVIII, 1842, p. 360-365.)

[2] Nouvelles recherches sur le développement des axes et des appendices dans les végétaux, par M. Ch. Naudin. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, I, 1844, p. 162-176, pl. 12-13.)

est alors purement cellulaire et à cellules fort petites. Dans toutes les espèces où il a étudié cet axe commençant, il l'a trouvé terminé par un mamelon sur les côtés duquel se forment les organes appendiculaires, et qu'il nomme *Phyllogène*, pour rappeler qu'il donne naissance aux feuilles. Il y a deux périodes dans la vie de cet axe : dans la première, il est entièrement cellulaire et il produit les feuilles; dans la seconde, il passe à l'état d'axe parfait par l'apparition des vaisseaux dans son tissu. Les choses se passent, à fort peu de chose près, chez les Monocotylédones comme chez les Dicotylédones. Il est donc évident que les théories basées sur cette idée, que l'axe est une simple production des feuilles, ne sont pas confirmées par les faits, puisque cet axe existe avant les organes appendiculaires qui émanent de lui.

Une fois qu'a été reconnu ce fait fondamental quant à la formation première de l'axe végétal, il importait au plus haut point d'obtenir encore la démonstration expérimentale et appuyée sur l'observation anatomique de cet autre principe, que l'accroissement de cet axe ne s'opère point par la réunion de filets radiculaires se développant de haut en bas, mais par la production sur place des tissus du bois et de l'écorce; il y avait aussi un grand intérêt à déterminer d'où émanent ces tissus et comment ils se produisent. Ces divers points ont été parfaitement établis par les mémoires de M. Trécul, dont il faut maintenant analyser la série.

Cet ensemble considérable de travaux a commencé par des recherches sur l'origine des racines adventives et des bourgeons adventifs, c'est-à-dire des racines et des bourgeons qui, ne tenant pas à la constitution fondamentale du végétal, peuvent s'y développer à peu près sur toutes les parties soumises, de manière ou d'autre, à des influences favorables.

Déjà M. Trécul s'était occupé de la production de ces racines chez le *Nuphar* dans son mémoire sur cette plante qui a été mentionné plus haut (voy. p. 61); ayant étendu ensuite ses recherches à de nombreuses espèces, il en a exposé les résultats, d'abord sous une

forme concise[1], un peu plus tard avec les développements que comportait l'importance de la question[2]. C'est en effet là une des bases des théories de l'accroissement descendant, puisque, d'après ces théories, les filets radiculaires, après avoir formé les couches annuelles, se détacheraient et sortiraient sous la forme de racines; d'où il résulte que celles-ci seraient un simple prolongement des tissus fibro-vasculaires et corticaux des parties qui les portent. Ces doctrines perdent donc l'un de leurs principes fondamentaux, si l'on vient à prouver que la formation des vaisseaux dans les racines a lieu d'une manière indépendante et sans qu'il soit possible de voir en eux un prolongement de ceux de l'axe sur lequel naissent ces mêmes racines. Or c'est là précisément ce que prouvent les observations de M. Trécul. Elles nous apprennent que, dans les ramifications des racines, dans les radicelles, les vaisseaux ne sont point le résultat d'une simple déviation de ceux de la racine sur laquelle ces radicelles sont nées, mais qu'ils en sont tout à fait distincts et qu'ils sont seulement appliqués contre ceux-ci. Quant aux racines adventives, les vaisseaux qui en sont la partie essentielle offrent la même indépendance primitive : toujours ces racines apparaissent, lors de leur naissance, sous la forme d'une petite masse cellulaire développée, soit à l'extrémité d'un seul ou de plusieurs faisceaux fibro-vasculaires convergeant vers le même point, soit à la partie latérale d'un seul faisceau, soit au contact de deux faisceaux voisins, ou bien à la surface d'une couche ligneuse continue, sans rayons médullaires, ou encore vis-à-vis d'un ou de plusieurs de ces rayons, quand il en existe. Cette petite masse se partage en trois parties essentielles : l'une centrale, dont la nature et la composition élémentaire varient selon les espèces; la deuxième corticale; la troisième enveloppant l'extrémité de la racine ou même la racine adventive tout entière et

[1] Extrait d'un mémoire intitulé : Recherches sur l'origine des racines, par M. Trécul. (*Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, V, 1846, p. 340-350.)

[2] Recherches sur l'origine des racines, par M. Trécul. (*Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, VI, 1846, p. 303-345, pl. 15-19.)

constituant la pilorhize. Dans tous les cas, les vaisseaux des racines naissent au contact du système fibro-vasculaire de la partie sur laquelle celles-ci prennent naissance, mais ils ne sont pas une continuation de ceux que possède cette même partie; ils s'étendent ensuite graduellement dans la petite masse qui constitue la racine naissante. D'un autre côté, jamais, et ceci contredit ce que Mirbel avait décrit pour le Dattier, M. Trécul n'a vu les vaisseaux naître dans la racine et se diriger plus tard vers les faisceaux de la tige pour se mettre en communication avec eux. Ainsi la naissance des racines adventives n'est point subordonnée à celle des bourgeons et des feuilles, et leur indépendance est telle, qu'on peut très-bien en faire naître sur de petits tronçons d'autres racines, plantés comme boutures.

La recherche de l'origine des bourgeons adventifs était comme la suite naturelle des observations dont on vient de voir le résumé, de telle sorte que le mémoire [1] dans lequel sont exposés les résultats des études de M. Trécul sur ce sujet peut être regardé, avec assez de raison, comme étant en quelque sorte un complément des précédents. La théorie de Gaudichaud admet comme l'un de ses principes fondamentaux que les vaisseaux naissent d'abord dans la feuille et descendent ensuite dans la tige pour s'y prolonger de haut en bas. M. Trécul a vu, au contraire, en observant avec le plus grand soin l'origine première des bourgeons adventifs sur des boutures de racines de *Paulownia imperialis*, qu'il se forme, dans l'écorce, de petits corps cylindracés, d'un tissu cellulaire très-délicat, transparent, se confondant par leur base avec la couche génératrice, et qui paraissent libres à leur sommet arrondi. Chacun de ces corps est la première ébauche d'un bourgeon sur laquelle on n'observe pas encore le moindre indice de feuilles. Cependant, pendant que ces productions apparaissent, on voit naître, dans les points correspondants de la couche génératrice, et surtout

[1] Recherches sur l'origine des bourgeons adventifs, par M. Trécul. (*Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, VIII, 1847, p. 268-295, pl. 7-15.)

un peu au-dessus d'elles, des vaisseaux très-grêles, composés de petites cellules oblongues et réticulées. Quelques-uns de ces petits vaisseaux se détournent de leur direction première, lorsqu'ils arrivent au niveau de la base des bourgeons naissants, pour pénétrer dans leur intérieur et s'y étendre de bas en haut. C'est seulement quand les choses sont arrivées à cet état que, sur le haut des petits corps cylindroïdes, se montrent de légères éminences qui sont autant de feuilles naissantes. Les vaisseaux en sont encore éloignés, mais ils s'en rapprochent pendant qu'elles-mêmes grandissent, et ils ne tardent pas à les atteindre. Des faits analogues, quant à la marche générale du développement, ont été observés par le même botaniste sur le *Tecoma radicans*, l'*Ailantus glandulosa* et le *Maclura aurantiaca*. Ils autorisent évidemment les conclusions qu'il formule comme les résultats derniers de ses recherches; ces conclusions sont: que la partie radiculaire des bourgeons adventifs se développe la première, et que leur portion tigellaire apparaît plus tard; que les premiers vaisseaux naissent dans cette partie radiculaire, souvent même longtemps avant la naissance des feuilles. Ajoutons que les vaisseaux qui se montrent ainsi de très-bonne heure ne sont point des trachées, comme le croyait Gaudichaud et comme l'exigeait sa théorie, mais bien des vaisseaux réticulés qui se transforment bientôt en vaisseaux ponctués.

Cette première partie des travaux de M. Trécul établit, contre les théories de l'accroissement descendant, deux points essentiels : 1° les racines ne sont point un simple prolongement de filets radiculaires émanés des bourgeons ou des feuilles; 2° les vaisseaux ne naissent point dans les feuilles pour descendre ensuite dans l'axe; au contraire, c'est de ce dernier qu'ils s'élèvent dans les premières. Mais il ne suffisait pas de saper les bases de ces théories; il fallait encore démontrer que l'accroissement végétal s'opère sur place, et reconnaître, jusque dans les détails les plus intimes, de quelle manière il s'opère; c'est ce double but qu'a su atteindre le même botaniste dans la suite de ses études.

Après un intervalle de quelques années consacrées en grande partie à un voyage dans l'Amérique du Nord, il a recommencé la série de ses publications par un mémoire dont il avait trouvé les éléments dans une forêt marécageuse de la Louisiane. En effet, ce mémoire[1] est essentiellement basé sur les faits que lui a offerts un tronc de *Nyssa angulisans* Michx. qui, bien qu'ayant été écorcé complétement, par une cause sans doute accidentelle, sur une longueur de 45 centimètres, avait continué de végéter. Il s'y était produit de nouvelles couches ligneuses, non-seulement dans la portion située au-dessus de la décortication, mais encore dans celle qui se trouvait au-dessous de la surface dénudée. De plus, sur cette surface dénudée elle-même, il s'était formé des proéminences oblongues ou hémisphériques, dont certaines mesuraient jusqu'à 35 centimètres de longueur sur 3 à 6 centimètres de largeur. L'étude anatomique de ces proéminences a fait reconnaître qu'elles étaient recouvertes d'une écorce bien constituée, composée d'un tissu cellulaire au milieu duquel se trouvaient des faisceaux de liber. Cette écorce recouvrait un véritable bois, dont les fibres s'offraient sous des formes et avec des longueurs assez diverses et étaient entremêlées de nombreux vaisseaux; cette masse ligneuse était parcourue par des rayons médullaires qui prolongeaient ceux du bois normal et qui allaient en divergeant dans l'épaisseur de ces curieuses formations ligneuses. Comme il est incontestable que ces îles de bois et d'écorce s'étaient produites sans intervention possible de filets fibro-vasculaires descendant des bourgeons ou des feuilles, filets auxquels la décortication annulaire aurait opposé un obstacle insurmontable, en supposant qu'ils eussent existé; comme d'ailleurs un examen anatomique attentif a montré la continuité de substance de ce bois avec celui du tronc, il est parfaitement légitime de conclure, avec l'auteur : d'abord, que le diamètre des tiges peut s'accroître sans

[1] Observations relatives à l'accroissement en diamètre des végétaux dicotylédonés ligneux, par M. Trécul. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, XVII. 1852, p. 250-279, pl. 17-20.)

l'intervention de fibres ligneuses et vasculaires descendant soit des feuilles, soit des bourgeons; en second lieu, que le tissu du bois, fibres comme vaisseaux, se produit à la place même où on l'observe, de même que les rayons médullaires, et que ces diverses formations sont le résultat des modifications successives que subit le tissu cellulaire.

Dans le cas dont la description forme la base du mémoire qui vient d'être analysé (comme dans la plupart des expériences qui le reproduisent plus ou moins fidèlement), le bourrelet produit au-dessus du bord supérieur de la décortication n'avait pas émis de racines; mais parfois on voit naître en ce même point soit des productions radiculaires, soit même des bourgeons. Les partisans des théories de l'accroissement par descension ne manquent pas de dire alors que ce sont les filets radiculaires qui, arrêtés par la dénudation du bois et la section de l'écorce, continuent leur marche descendante et se font jour au dehors sous la forme de racines. M. Trécul a montré, dans une note spéciale[1], que cette interprétation est inadmissible. Ainsi il rapporte une observation faite sur un tronc de *Gleditschia*, qui, ayant subi une décortication annulaire, émettait des racines adventives au-dessus de la lèvre supérieure de cette décortication, pendant les mois de décembre et de janvier, c'est-à-dire longtemps après qu'il avait perdu toutes ses feuilles. Ces organes, n'existant pas, ne pouvaient produire des filets fibro-vasculaires. D'un autre côté, des mesures exactes ont permis de constater que ce tronc avait commencé de grossir dès le premier printemps, avant l'apparition de nouvelles feuilles. Dans une autre expérience, un Orme décortiqué de la même manière non-seulement a donné, à la lèvre supérieure de sa plaie, de nombreuses racines également adventives, mais encore a formé des productions ligneuses considérables, plus bas, à la surface du bois que l'opération avait mis à nu. Or, si les filets radiculaires avaient formé les racines, d'où seraient venues

[1] Nouvelles observations sur l'accroissement en diamètre des arbres dicotylédonés, par M. Trécul. (*Ann. des sc. nat.* 3ᵉ sér. XX. 1853. p. 197-212, pl. 18-19.)

ces productions ligneuses, du reste isolées de l'écorce du tronc? D'autres faits du même genre, observés à la suite d'expériences variées, ajoutent une nouvelle force à la démonstration; «tous ces faits, dit l'auteur, sont plus que suffisants pour démontrer que des fibres radiculaires, que des racines ne descendent pas des feuilles.» Il serait difficile de ne point partager son avis.

Les expériences et observations qui ont fourni à M. Trécul la matière des mémoires dont il vient d'être question prouvent que le bois et l'écorce ne sont pas formés par la réunion de faisceaux nés dans les feuilles ou dans les bourgeons et s'allongeant ensuite graduellement du haut vers le bas avec une rapidité que Dupetit-Thouars et Gaudichaud disaient être extrême et comparable seulement, selon le premier de ces savants, à la vitesse de la lumière et de l'électricité; elles démontrent en même temps que le tissu de ces formations nouvelles se forme à la place même où on l'observe en tout temps. Mais d'où provient ce tissu? Est-ce le bois déjà existant, est-ce l'écorce, ou enfin sont-ce l'un et l'autre qui contribuent à sa formation? L'examen et l'élucidation de cette question avaient un intérêt d'autant plus grand que successivement toutes les opinions possibles ont été professées à ce sujet. M. Trécul ne pouvait manquer de s'en préoccuper sérieusement; il a fait de nombreuses expériences pour la résoudre avec toute la précision dont la science de notre époque lui faisait une loi. Ces recherches lui ont fourni la matière de deux mémoires successifs : dans l'un il prouve que le bois décortiqué peut donner naissance à du bois et à de l'écorce[1], ce qui du reste était déjà nettement établi par les faits que lui avaient offerts les décortications du *Nyssa* et des autres arbres dont il s'agissait dans ses mémoires antérieurs; dans l'autre[2]

[1] Accroissement des végétaux dicotylédones ligneux; reproduction du bois et de l'écorce par le bois décortiqué, par M. Trécul. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, XIX, 1853, p. 157-192, pl. 2-7.)

[2] Production du bois par l'écorce des arbres dicotylédonés, par M. Trécul. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, XIX, 1853, p. 257-267, pl. 8.)

il démontre que des lambeaux d'écorce détachés de manière même à ne plus tenir à l'arbre que par un de leurs bords peuvent se comporter absolument comme le fait le bois vivant qui a été mis à nu et garanti du dessèchement. Faute d'espace, il est impossible d'entrer ici dans le détail des expériences qui ont fourni les éléments de cette démonstration importante ; mais il est essentiel de rapporter les résultats qu'elles ont donnés. Comme l'établissent celles qui sont exposées dans le premier de ces deux mémoires, il peut se développer du bois et de l'écorce nouvelle à la surface des arbres qui ont été dépouillés d'une partie de leur écorce. Ce n'est point un liquide mucilagineux sans organisation, ainsi que l'ont dit des physiologistes, qui exsude des rayons médullaires, et qui s'organise en tissu cellulaire pour produire ces excroissances à la surface du bois écorcé; ce qu'on a pris pour un liquide mucilagineux est formé, dès le principe, de cellules extrêmement délicates, engendrées par celles de la couche génératrice qui sont restées à la surface de l'aubier après l'enlèvement de l'écorce. La reproduction peut aussi se faire dans les cellules internes de la couche ligneuse qui avait été produite pendant l'année même, avant la décortication. Dans ce cas, les cellules externes sont repoussées au dehors par celles qui se forment plus intérieurement et dans le voisinage de l'aubier dont la production avait eu lieu l'année d'auparavant. Le phénomène essentiel qui donne lieu à ces productions ligneuses est une métamorphose des jeunes cellules ligneuses, de celles des rayons médullaires, quelquefois même des éléments des jeunes vaisseaux eux-mêmes, qui, se changeant en tissu cellulaire ordinaire, se subdivisant par des cloisons, opèrent la multiplication des cellules dont sont composées d'abord exclusivement les excroissances superficielles en question.

Quant à la reproduction du bois par l'écorce, elle avait été déjà montrée par Duhamel. M. Trécul a répété les expériences de ce célèbre physiologiste, et elles lui ont donné les mêmes résultats. Il en a fait aussi d'autres dans lesquelles il s'est attaché à suivre une

marche qui ne pût donner prise à des objections. Le nouveau bois qui s'est produit dans ces divers cas a été formé par les cellules corticales les plus jeunes, absolument comme il l'avait été par le bois décortiqué dans les expériences précédentes. Les cellules corticales jeunes se sont dilatées, puis divisées par des cloisons de manière à former des séries horizontales de cellules ligneuses. L'auteur déduit naturellement de toutes ces observations la conclusion générale que, d'un côté, les jeunes éléments du bois sont susceptibles de se transformer en tissu cellulaire ordinaire, qui s'organise ensuite en une écorce et du bois nouveaux à la surface des arbres décortiqués, et que, d'un autre côté, le tissu cellulaire cortical peut régénérer du bois, même quand des lambeaux d'écorce ont été détachés du tronc, de manière à n'y plus tenir que par une de leurs extrémités.

Pour compléter l'histoire de ces importants travaux et des circonstances qui s'y rattachent, il faut ajouter que, l'Académie des sciences ayant confié à une commission, composée de MM. de Jussieu, Brongniart et A. Richard, le soin d'examiner celui des mémoires de M. Trécul relatifs à l'accroissement dans lequel étaient rapportées ses observations sur le tronc décortiqué de *Nyssa angulisans* (voy. p. 127), le dernier des trois commissaires désignés fit à ce sujet un rapport approbatif, dans lequel même il consigna des observations qui lui étaient propres et qui venaient à l'appui de celles de l'auteur[1]. Gaudichaud critiqua ce rapport, dans deux articles lus par lui à l'Académie des sciences, les 7 et 21 juin 1852[2], et reproduisit plusieurs des raisonnements qu'il avait déjà présentés auparavant en faveur de sa propre théorie; les trois

[1] Rapport sur un mémoire de M. Trécul, ayant pour titre : Observations relatives à l'accroissement en diamètre dans les végétaux dicotylédonés ligneux, par M. A. Richard. (*Comptes rendus*, XXXIV, 1852, p. 703-711; *Annales des sciences naturelles*, 3e série, XVIII, 1852, p. 14-24.)

[2] Remarques générales sur un rapport relatif au mémoire de M. Trécul, par Ch. Gaudichaud. (*Comptes rendus*, XXXIV, 1852, p. 809-817, 857-862, 926-933, 957-963.)

commissaires répondirent individuellement pour montrer le défaut de base de ces critiques, la faiblesse de ces raisonnements, et pour attester leur propre uniformité d'opinion. M. Brongniart, en particulier, fit de sa réponse une note[1] sur l'ensemble de la question, dans laquelle il montra que les conséquences tirées par M. Trécul de ses observations sur le *Nyssa* sont légitimes et concluantes; que, d'un autre côté, la théorie des phytons et celle de Dupetit-Thouars sont complétement impuissantes à rendre compte de ces faits, ainsi que de beaucoup d'autres analogues.

Comme on vient de le voir, il était établi par des expériences démonstratives que le nouveau bois et la nouvelle écorce qui déterminent l'accroissement en grosseur des végétaux dicotylédones sont le produit d'une formation sur place, et que, dans les circonstances normales, le bois et l'écorce développés pendant l'année précédente concourent simultanément à leur production, tandis que dans des conditions exceptionnelles amenées par des accidents ou par des préparations faites dans un but expérimental, le bois seul ou l'écorce isolée peut donner naissance à de nouveaux tissus ligneux revêtus d'une enveloppe corticale; mais il restait à suivre la formation de ces nouveaux tissus et à observer les changements successifs qui d'un tissu cellulaire naissant font des fibres et des vaisseaux. M. Trécul n'a pas négligé ce chapitre important de l'histoire de la végétation.

Dans une note très-intéressante[2], il a décrit et figuré les états successifs par lesquels passent les fibres ligneuses, depuis leur première jeunesse, pendant laquelle elles faisaient partie de la zone génératrice à l'état de parenchyme arrondi et d'une grande délicatesse, jusqu'à leur état définitif, dans lequel elles forment de longs

[1] Note sur la formation des nouvelles couches ligneuses dans les tiges des arbres dicotylédonés, par M. Ad. Brongniart. (*Comptes rendus*, XXXV, 1852, p. 933-940.)

[2] Origine et développement des fibres ligneuses, par M. Trécul. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, XIX, 1853, p. 63-74, pl. 1.)

fuseaux à parois épaisses. En commençant ses observations de très-bonne heure, avant même que la végétation eût repris dans la zone génératrice, il a vu, dans la généralité des cas, que la couche ligneuse de la dernière année, bien conformée en aubier, était reliée à la couche libérienne la plus récente par une zone de tissu cellulaire uniforme, qui avait, dit-il, l'aspect du tissu cellulaire cortical le plus interne. Les cellules de cette zone qui touchent à l'aubier grandissent ensuite dans le sens horizontal; une cloison longitudinale, parallèle à la circonférence de l'arbre, partage chacune de ces cellules en deux adjacentes, dont l'interne est une jeune fibre, tandis que l'externe s'amplifie à son tour horizontalement, puis se divise en deux, donnant de même par sa moitié interne une nouvelle fibre, et ainsi de suite. Cette multiplication se continue pendant tout le cours de l'accroissement annuel, pour recommencer au printemps suivant, après la suspension amenée par l'hiver. Quelquefois le phénomène se modifie en ce sens qu'une de ces cellules génératrices, après en avoir donné successivement plusieurs autres et jusqu'à une quinzaine, rangées en file horizontale, s'arrête dans sa division; c'est alors une autre cellule génératrice, alterne avec elle, qui devient à son tour le siége d'une division semblable. Dans tous les cas, les cellules produites par ce mode de division ont une coupe rectangulaire et des parois fort minces. Bientôt les deux extrémités de chacune d'elles deviennent convexes, puis s'allongent en une pointe qui s'insinue entre deux des cellules analogues situées au-dessus et au-dessous d'elle, et ainsi se forment ces fuseaux à parois de plus en plus épaisses qui constituent chacun une fibre ligneuse beaucoup plus longue et notablement plus large aussi que ne l'était la cellule courte et délicate qui la constituait d'abord.

La formation des vaisseaux dans la masse du jeune bois est due à certaines des jeunes cellules produites de la manière qu'on vient de voir, qui prennent peu à peu l'apparence et tous les caractères d'éléments vasculaires, et qui deviennent confluentes dans leur alignement en files verticales, de manière à former les longs tubes

qu'on nomme des vaisseaux; mais, dans des cas particuliers, ces mêmes vaisseaux peuvent encore provenir d'une transformation spéciale de certaines cellules que rien n'avait jusqu'alors distinguées des autres. C'est, par exemple, ce que M. Trécul a montré comme s'opérant dans les sortes de filets qui partent, en manière d'épatement ou de griffe, de la base des bourgeons[1]. En faisant l'anatomie de ces filets sur diverses préparations qui lui avaient été remises obligeamment par Gaudichaud, il a été conduit à en interpréter la formation tout autrement que ne l'avait fait ce savant botaniste. Il a reconnu, en effet, que ces filets, qui sont uniquement vasculaires, bien qu'ils aient été comparés par Gaudichaud à des racines descendant des bourgeons ou des feuilles, ne s'allongent pas, à la manière des racines, par une multiplication de cellules à eux propres s'opérant à leur extrémité, mais que les vaisseaux dont ils sont formés sont dus à la modification de cellules qui se sont multipliées dans le sens horizontal. Il a constaté que les éléments de ces vaisseaux sont de même nature que ceux des tissus qui les environnent : s'ils se trouvent au milieu de fibres ligneuses, ils ont l'aspect de fibres ligneuses ponctuées, rayées ou réticulées; s'ils sont placés parmi des cellules ordinaires, ils ont la forme de ces cellules devenues ponctuées ou réticulées. Ce fait autorise même une conclusion générale, d'une haute importance physiologique, qui découle aussi de diverses particularités de l'organisation : c'est que les éléments tissulaires des végétaux sont susceptibles de se modifier en raison des fonctions qu'ils sont appelés à remplir.

La remarquable série de mémoires dont on vient de voir le résumé embrasse, dans son ensemble et dans ses détails, la question fondamentale, aux points de vue physiologique et anatomique, de l'accroissement végétal. Toutefois il est encore quelques points particuliers, se rattachant plus ou moins directement à cette question, que M. Trécul n'a pas cru devoir négliger et qui ont été pour

[1] Formation des vaisseaux au-dessous des bourgeons, soit adventifs, soit normaux, par M. Trécul. (*Ann. des sc. nat.* 4ᵉ série, I, 1854, p. 41-64, pl. 7-9.)

lui l'objet de recherches attentives. Telle est notamment la mesure de l'influence que des décortications annulaires peuvent exercer sur la végétation des arbres dicotylédonés. Dans son mémoire sur ce sujet[1], il rapporte en détail plusieurs observations d'arbres écorcés, soit circulairement, soit en spirale, à différentes époques de l'année, et de l'analyse de ces faits il tire cette conséquence que, si ces opérations sont promptement funestes quand elles ont lieu à la fin du printemps, elles laissent la végétation se continuer au moins pendant toute l'année, quand elles sont pratiquées au commencement de la même saison; même dans les arbres dont le bois ne passe pas à l'état de cœur ou duramen et reste dès lors toujours perméable à la séve, la décortication annulaire peut amener une destruction profonde de la masse ligneuse sans que la vie s'éteigne avant plusieurs années, pourvu toutefois, pense-t-il, que des pousses, en se formant sur la portion du tronc qui est inférieure à la surface écorcée, la maintiennent en activité. Ces arbres dépérissent lentement par suite de la destruction progressive de leur bois sous l'influence des agents atmosphériques; on a vu même un Tilleul du parc de Fontainebleau, dont le tronc avait été écorcé circulairement par accident, en 1810, continuer à végéter jusqu'en 1854. M. Trécul explique de la manière suivante ce qui se passe dans ces différentes circonstances. Si la décortication est faite à la mi-juin, lorsque la couche ligneuse récente était déjà considérable, cette couche, qui conduit les sucs des racines aux jeunes rameaux et aux feuilles aussi bien et même mieux que les couches plus centrales, étant interrompue par la section transversale ou desséchée par suite de sa dénudation, prive tout à coup les jeunes rameaux et les feuilles d'une grande quantité de sucs. Les nouveaux tissus de la tige encore

[1] Sur quelques phénomènes de végétation dans des conditions anormales, par M. Trécul. (*Comptes rendus*, XLI, 1855, p. 574-578.) — De l'influence des décortications annulaires sur la végétation des arbres dicotylédonés, par le même. (*Ibid.* p. 634-638; *Annales des sciences naturelles*, 4ᵉ série, III, 1855, p. 341-363 pl. 11.)

imparfaitement constitués, gorgés de sucs, souffrant de la même suppression, en sont aussi profondément affectés et meurent plus ou moins longtemps après les feuilles. Au total, la partie supérieure de l'arbre ainsi écorcé meurt dans l'année. Quand, au contraire, la décortication a été opérée au moment où la végétation commence sur le tronc, avant l'épanouissement des bourgeons, ceux-ci ne subissent aucune diminution dans la quantité de leur matière nutritive, puisqu'ils n'ont pas commencé de s'accroître, et ils peuvent se développer, pour ainsi dire, normalement. D'un autre côté, la multiplication cellulaire, qui se fait horizontalement, et la multiplication fibro-vasculaire, qui en est la conséquence, s'effectuent comme à l'ordinaire ou seulement en proportion un peu plus faible. Rien n'est donc changé d'une manière appréciable pour cette année-là; mais il n'en est plus de même les années suivantes : les couches ligneuses dénudées se dessèchent et perdent une quantité considérable de liquides nourriciers; elles s'altèrent, et c'est ainsi la partie la plus vivante qui se détruit la première. Les jeunes rameaux épuisent d'abord le peu de matière nutritive qui s'était amassée dans leurs tissus pour développer quelques chétives brindilles; puis ils meurent à la fin de la première, de la deuxième, ou rarement de la troisième année. Les rameaux, les branches et le tronc lui-même périssent de même successivement, d'autant plus tard qu'ils sont plus âgés et plus forts.

Une autre particularité en rapport avec l'accroissement en diamètre des Dicotylédones consiste dans la manière d'après laquelle se forment, sur divers arbres, les productions locales appelées *loupes* et *broussins*. M. Trécul a fait connaître à ce sujet des observations instructives[1]. Les broussins ou exostoses sont des productions ligneuses, d'un volume souvent considérable, qu'un arbre développe sur son tronc ou même sur de simples rameaux par l'effet d'une

[1] Mémoire sur le développement des loupes et des broussins envisagés au point de vue de l'accroissement en diamètre des arbres dicotylédonés, par M. Trécul. (*Ann. des sciences naturelles*, 3e série, XX, 1853, p. 65-80, pl. 7-8.)

exubérance de sa végétation amenée par des causes diverses. Les loupes, au contraire, proviennent constamment d'un bourgeon qui reste en communication avec le corps ligneux de l'arbre, auquel le rattache une sorte de pédicule fibro-vasculaire. Ce bourgeon peut végéter pendant plusieurs années sans déborder l'écorce de plus de deux millimètres (Charme); puis, après cette sorte de léthargie, il peut s'animer et se développer en une très-petite branche, soit en un corps globuleux ou ovoïde qui forme ce qu'on nomme proprement une loupe. Ce corps, enchâssé plus ou moins profondément dans l'écorce, ne tarde pas à être isolé par la rupture de son pédicule; son bourgeon meurt alors pour l'ordinaire; mais, malgré son isolement, il ne cesse pas de produire des couches ligneuses et corticales à lui propres, sous la seule influence d'une cause locale et grâce à l'alimentation que lui fournit l'écorce de l'arbre dans laquelle il forme une enclave. Les loupes peuvent même, plus tard, avoir leur tissu désorganisé et détruit par les agents atmosphériques dans leur portion qui regarde l'extérieur, sans cesser pour cela de produire de nouvelles couches ligneuses sur leur autre portion dirigée vers l'intérieur. On voit alors ce contraste singulier d'un arbre qui produit, comme toujours, ses couches ligneuses nouvelles de dedans en dehors, et d'une loupe qui forme les siennes de dehors en dedans.

A l'époque où M. Trécul venait de publier la nombreuse série de mémoires qui viennent d'être analysés, mais sans avoir connaissance de ces publications encore récentes, M. Hétet, pharmacien de la marine et alors professeur de botanique à l'école de médecine navale de Toulon, entreprit des expériences du même genre, afin de s'éclairer sur la marche de l'accroissement des végétaux. Séduit par les théories de Dupetit-Thouars et de Gaudichaud, il espérait en obtenir la confirmation expérimentale et, en particulier, voir, grâce à des préparations spéciales, les prétendus filets radiculaires émaner des bourgeons ou des feuilles à un moment quelconque de leur marche descendante. Dans ce but, et pour profiter de la vigueur

de végétation que la plupart des plantes doivent à l'influence du beau climat de Toulon, il pratiqua, sur des Dicotylédones et même des Monocotylédones, des décortications annulaires étendues, qu'il compliqua même, sur un pied d'*Yucca aloefolia*, en enlevant, au même niveau, la substance de la portion de tige écorcée jusqu'au milieu de son épaisseur, ne respectant que la moitié du cylindre caulinaire. Dans ces divers cas, il enferma les portions écorcées dans des manchons de verre exactement lutés en haut et en bas, et il abrita le tout de la lumière par une enveloppe de grosse toile. Les résultats de ces expériences furent conformes à ceux que M. Trécul avait obtenus peu de temps auparavant, et ils se trouvèrent tellement contraires à l'idée d'un développement de haut en bas, que M. Hétet abandonna sans hésiter les théories basées sur cette idée, bien qu'il en fût d'abord partisan décidé. Il fit connaître ses expériences et les résultats qu'elles lui avaient donnés dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences en mars 1857[1], qui fut l'objet d'un rapport favorable lu par M. Brongniart le 31 janvier 1859[2]. Il serait peu utile de reproduire ici ces observations entièrement confirmatives de celles de M. Trécul; toutefois il en est une décrite par M. Brongniart dans son rapport, qui a un intérêt particulier, parce qu'elle a eu pour sujet l'*Yucca aloefolia*, plante de l'embranchement des Monocotylédones dans lequel les expériences de décortication rencontrent des dispositions peu favorables. La tige de ce végétal, écorcée et entaillée, comme il vient d'être dit, le 18 juillet 1856, se présentait de la manière suivante le 25 septembre 1858. Malgré sa mutilation, elle avait continué de végéter comme à l'ordinaire, et elle s'était allongée de 20 cen-

[1] Recherches expérimentales d'organogénie végétale, par M. Hétet. (*Comptes rendus*, XLIV, 1857, p. 512-513, simple extrait.)

[2] Rapport sur un mémoire de M. Hétet intitulé : Recherches expérimentales d'organogénie végétale; commissaires : MM. Moquin-Tandon, Payer, Brongniart, rapporteur. (*Comptes rendus*, XLVIII, 1859, p. 248-255; *Annales des sciences naturelles*, 4e série, XI, 1859, p. 183-191.)

timètres. D'abord, aucun nouveau tissu n'avait apparu ni sur la surface simplement décortiquée, ni sur la face plane qui limitait d'un côté le demi-cylindre ligneux conservé; mais, à dater du printemps de 1857, un bourrelet commença de se former au haut de la plaie, entre l'écorce et la partie plus intérieure de la tige; puis ce bourrelet s'accrut peu à peu, et plus tard il donna naissance à des racines adventives. Ce bourrelet allait en diminuant d'épaisseur de bas en haut, à partir de la limite supérieure de la décortication, de manière à disparaître à 1 ou 2 centimètres plus haut. Or, comme les Monocotylédones ne forment pas de couches annuelles, c'était là une production toute spéciale, dont la formation prouve que, même dans cette catégorie de végétaux, les sucs nourriciers, lorsqu'on les arrête dans leur marche naturelle par une section transversale, donnent naissance, de même que dans les Dicotylédones, à des formations ligneuses nouvelles au niveau où ils sont venus s'accumuler. Entre autres faits intéressants, M. Hétet a reconnu que les végétaux à sucs propres, comme le Laurier rose (*Nerium*), se comportent comme tous les autres Dicotylédones, pour la production de nouveau bois sur les parties écorcées.

Continuant ses expériences, M. Hétet a observé plus récemment de nouveaux faits confirmatifs des premiers, en particulier sur le *Pircunia dioica* Moq. (*Phytolacca dioica* L.), végétal ligneux dont la tige anormale est remarquable par la vigueur de sa végétation et par la multiplicité des couches ligneuses qu'elle forme chaque année. Ces recherches lui ont fourni les éléments d'une nouvelle note publiée en 1861[1]. En préparant des troncs ou des branches de cette espèce de la même manière que l'*Yucca* dont il vient d'être parlé, il a vu l'écorce, et puis, sous elle, le bois se reproduire, non-seulement sur le demi-cylindre écorcé, mais encore sur la face plane de ce même demi-cylindre qui mettait à nu la tranche des couches

[1] Recherches expérimentales d'organogénie et de physiologie végétale (suite), par M. Hétet. (*Comptes rendus*, LIII, 1861. p. 1004-1007; et *Annales des sciences naturelles*, 4e série, XVI, 1861, p. 218-222.)

annuelles. Ces nouvelles productions provenaient, ici d'une zone cellulaire qu'offre chaque couche ligneuse, là de la zone génératrice qui était restée à la surface du corps ligneux : il s'en est même montré dans le canal médullaire; d'où l'auteur tire cette conclusion générale, « qu'il se forme des faisceaux fibreux et des vaisseaux par- « tout où il existe dans le végétal des cellules assez jeunes et douées « d'assez de vitalité pour se reproduire ou pour former de nouveaux « organes, mais qu'il ne s'en forme que là où se trouvent ces cel- « lules animées. » Inutile de faire observer avec ce botaniste que ce développement de matière ligneuse dans toute la profondeur d'une tige sape par leur base, plus encore peut-être que tous les autres faits connus, les théories de l'accroissement opéré par des fibres descendantes qui ne pourraient s'étendre qu'entre le bois et l'écorce.

§ 2. Accroissement des feuilles.

Pour compléter l'histoire des progrès qui se sont accomplis, depuis vingt cinq années, dans la connaissance de l'accroissement des organes végétatifs, il faut jeter un coup d'œil sur ce que nous ont appris, dans le même espace de temps, les botanistes français au sujet de la formation et du développement des feuilles. Sur ce point encore, ce sont les travaux de M. Trécul qui ont déterminé plus que tous les autres l'état actuel de la science. Les résultats et les détails en sont exposés dans deux mémoires qui ne sont que les deux parties d'un même ensemble[1]. Jusqu'à lui on avait admis que les feuilles grandissent toutes d'après une marche identique consistant en ce que leur sommet, après s'être montré, passe à l'état inerte et se trouve ensuite porté de plus en plus haut, le développement s'opérant toujours par la base de l'organe. Toutefois un petit nombre de botanistes, en particulier A. de Jussieu,

[1] Note sur la formation des feuilles, par M. Trécul. (*Ann. des sciences naturelles*, 3ᵉ série, XX, 1853, p. 183-190.) — Mémoire sur la formation des feuilles : par le même. (*Ibid.* p. 235-314, pl. 20-25.)

avaient fait observer que, dans certaines feuilles, l'accroissement doit marcher dans un ordre inverse, puisqu'il est évident que le sommet de ces organes est encore jeune quand leur portion basilaire est déjà parvenue à son état définitif. Ce qui semblait alors n'être qu'une exception a été reconnu par M. Trécul comme étant l'un des deux modes essentiels de l'accroissement des feuilles. Ces deux modes ont été qualifiés par lui de développement *basipète* dans le premier cas, le plus fréquent des deux, dans lequel les choses se passent comme si une force intérieure poussait graduellement l'organe au dehors; de développement *basifuge* dans le cas inverse, où le sommet est le siége de la formation successive des nouveaux tissus. Ces deux marches opposées de l'accroissement sont faciles à reconnaître à l'état jeune, surtout quand les feuilles sont lobées ou composées; alors le lobe terminal, la foliole terminale sont déjà grands, et les autres sont d'autant plus petits ou plus jeunes qu'ils se trouvent placés plus près de la base, si la feuille a le développement basipète; le contraire a lieu pour le développement basifuge. M. Trécul admet, en outre, un développement *mixte*, dans lequel, l'ensemble de la feuille grandissant d'après l'un des deux modes, ses parties s'accroissent d'après l'autre; il y a donc alors combinaison des deux. Enfin il appelle développement *parallèle* celui dans lequel toutes les nervures ou toutes les folioles se forment parallèlement. Il existe donc pour les feuilles, d'après ce botaniste, quatre types différents de formation et de développement. Ajoutons que, sur les trois parties d'une feuille simple et complète, la gaîne ou les stipules, s'il doit en exister, apparaissent d'abord, puis se forme le limbe, et en dernier lieu se produit le pétiole.

A l'histoire du développement des feuilles se rattache un fait particulier au sujet duquel M. Trécul a, par ses observations, fourni des renseignements précis. Ce cas est celui de certaines feuilles d'Aroïdées qui, à l'état adulte, présentent des perforations nettement circonscrites. Les botanistes pensaient que cette particularité tenait à ce que le parenchyme foliaire ne s'était pas développé sur

les points où son absence a laissé un vide. M. Trécul a montré, au contraire [1], que ces feuilles sont d'abord toutes pleines et continues; mais qu'à une époque plus ou moins avancée de leur développement, parfois même quand elles sont presque adultes, dans la profondeur de leur tissu se creuse une lacune autour de laquelle les cellules se décolorent et se multiplient d'abord de manière à lui composer une paroi régulière. Distendue probablement par des gaz, elle forme une boursouflure à la face inférieure de la feuille; bientôt l'épiderme inférieur est fortement soulevé, puis déchiré sur ce point. L'altération ne tarde pas à s'étendre à l'épiderme supérieur, qui se perce à son tour. Dès lors la perforation est complète, et il ne lui reste plus qu'à s'agrandir en même temps que la feuille elle-même.

### Art. 3. — Circulation.

La marche du fluide nourricier ou de la séve dans les plantes a été appelée circulation, parce qu'on l'a comparée à celle du sang dans les vaisseaux du corps des animaux, bien qu'elle ne justifie qu'imparfaitement cette dénomination. En effet, la séve n'a que deux mouvements consécutifs et inverses l'un de l'autre, après l'accomplissement desquels elle ne recommence pas à suivre le trajet qu'elle a déjà parcouru, tandis que, dans les animaux supérieurs, le sang, que l'action du cœur a poussé dans toutes les parties du corps, retourne à cet organe central pour recommencer son trajet, après avoir même effectué la circulation spéciale qui le soumet, dans l'organe respiratoire, à l'action vivifiante de l'air. Dans les plantes, la séve, essentiellement constituée par l'eau que les racines ont absorbée dans le sol, s'élève jusqu'aux feuilles dans lesquelles la transpiration la concentre et la respiration la modifie; elle passe alors, à l'état de suc éminemment nourricier, des feuilles aux différentes parties de l'organisme qui l'élaborent à leur profit et la consom-

[1] Note sur la formation des perforations que présentent les feuilles des Aroïdées, par M. Trécul. (*Ann. des sciences naturelles*, 4e série, t. 1854, p. 37-40.)

ment pour s'en nourrir. Dans la première moitié de ce trajet, c'était la séve brute ou ascendante; dans la seconde moitié, elle est devenue séve descendante ou mieux séve élaborée ou encore séve nourricière.

Outre ce mouvement général du liquide, les plantes en offrent encore un autre tout localisé, puisqu'il s'effectue dans l'intérieur de chaque cellule vivante. Celui-ci a été appelé circulation intra-cellulaire ou rotation. En réalité, ce n'est pas la séve qu'il met en mouvement, mais bien le suc cellulaire, c'est-à-dire un liquide modifié plus ou moins profondément par chaque cellule, et au milieu duquel des élaborations diverses ont donné lieu à la formation, ici de substances azotées, là de matières colorantes, d'amidon, etc. C'est donc à tort qu'on rattache les mouvements du suc cellulaire à la circulation; toutefois il n'y a pas d'inconvénient grave à conserver ici comme moyen de classement ce rapprochement peu exact.

I. *Rotation.* — La rotation ou circulation intra-cellulaire a été examinée attentivement par Dutrochet dans l'une des plantes où elle est le plus apparente, dans le *Chara fragilis* [1]; mais il suffira de consigner ici la mention pure et simple du mémoire dans lequel ont été rapportées les observations de ce physiologiste sur ce sujet, par ce motif qu'il avait été publié dès l'année 1838, par conséquent avant le commencement de la période qu'embrasse ce Rapport, et que la nouvelle publication qui en a été faite en 1842 n'en est qu'une édition légèrement modifiée.

II. *Circulation.* — Malgré l'importance majeure de ce phénomène pour la vie des végétaux, les botanistes français s'en sont assez peu occupés, dans le cours des vingt-cinq dernières années. Cependant il restait encore à cet égard bien des incertitudes à dissiper, même sur des points du plus haut intérêt, ainsi que l'a prouvé une discussion récente. En effet, on n'est pas fixé, avec

[1] Observations sur la circulation des fluides chez le *Chara fragilis* Desv. par Dutrochet. (*Mémoires de l'Institut*, XVIII, 1842, p. 439-514, avec 1 planche.)

toute la précision désirable, sur le tissu qui, dans le bois, sert de conduit principal ou peut-être unique à la séve ascendante; aussi M. A. Gris, ayant fait une observation qui semble prouver que les vaisseaux ponctués et rayés jouent ce rôle au moins temporairement, a-t-il cru devoir la publier [1]. Cette observation est que, lorsqu'on verse un peu de séve dans le réactif de Fehling, qui, comme on le sait, à la température de l'ébullition, donne un précipité rouge d'oxydule de cuivre avec le glycose, cette réaction caractéristique se manifeste, indiquant la présence de cette matière sucrée dans le suc nourricier des végétaux; ce même réactif bouillant détermine la formation d'un abondant précipité rouge sur toute la face interne des gros vaisseaux; d'où il semble naturel de conclure que c'est la présence du liquide séveux qui a donné lieu à cette réaction. Le même précipité se forme à l'intérieur de la spiricule des vaisseaux réticulés, annelés, spiro-annelés et spiraux, fait dans lequel M. A. Gris voit une heureuse confirmation de l'idée de M. Trécul que cette spiricule est tubuleuse. Ajoutant à cette circonstance qu'il a pu constater la présence de la séve dans les gros vaisseaux de divers arbres, vers la fin du mois de juin, et rappelant que M. Hofmeister y a vu ce même liquide former, pendant l'hiver, une couche mince qui entourait de grosses bulles d'air, M. A. Gris conclut que ces tubes sont bien réellement le conduit essentiel du liquide nourricier des végétaux.

Toutefois P. Dalimier a trouvé cette conclusion beaucoup trop générale. Il a reproduit [2] l'opinion des physiologistes qui admettent que les vaisseaux renferment de la séve seulement pendant quelques semaines du printemps, dans les végétaux dans lesquels s'opère alors une ascension rapide de ce liquide, et qu'ils ne contiennent

[1] Recherches concernant les fonctions des vaisseaux, par M. A. Gris. (*Comptes rendus*, LVI, 1863, p. 1048-1050.)—Nouvelles observations sur la structure et les fonctions des vaisseaux, par le même. (*Ibid.* p. 1223-1225; *Ann. des sciences naturelles*, 4e série, XX, 1863, p. 201-203, 206-209.)

[2] Sur la présence normale de gaz dans les vaisseaux, par P. Dalimier. (*Comptes rendus*, LVI, 1863, p. 1097-1100; *Ann. des sc. nat.* 4e série. XX. 1863, p. 203-206.)

plus que de l'air pendant tout le reste de l'année. Pour appuyer cette dernière assertion, il a rapporté des expériences dans lesquelles il mettait un réservoir d'air comprimé en communication, au moyen d'un tube de caoutchouc, avec l'extrémité inférieure d'un rameau fraîchement coupé, et dont les feuilles fussent parfaitement intactes. Une seconde section était faite alors vers le sommet de la branche. Le robinet du réservoir étant ouvert, l'air comprimé qui en venait traversait avec la plus grande facilité le tissu ligneux, sans chasser devant lui aucun liquide. On pouvait rendre visible à l'œil nu cette sortie de l'air en couvrant la section supérieure du rameau avec une petite couche d'eau; le passage de l'air se faisait sans difficulté, même dans des branches très-longues. Ce fait ne cessait d'avoir lieu que vers la fin d'avril, et il recommençait à se reproduire dès la fin de mai. « Encore, dit P. Dalimier, cette limite de temps, d'avril à mai (pendant laquelle la présence de la séve dans les vaisseaux empêchait le passage de l'air), aurait-elle été beaucoup resserrée, si j'avais pu reprendre plus tôt mes expériences. » Quant aux végétaux à feuilles persistantes, cet observateur pense que le rôle unique des vaisseaux semble être, chez eux, de renfermer des gaz.

Dans une note très-succincte [1], M. Lecoq s'est prononcé nettement pour l'opinion soutenue par P. Dalimier. Il a cru même pouvoir invoquer, comme preuves à l'appui, des expériences faites sur des plantes aquatiques submergées (*Myriophyllum*, *Potamogeton*). Au contraire, M. Brongniart, qui professe depuis longtemps l'opinion en faveur de laquelle dépose l'observation de M. A. Gris, a déclaré [2] s'être assuré de la parfaite exactitude des faits signalés par ce botaniste. Il a fait observer que les expériences de P. Dalimier n'ont pas toute la portée qui leur a été attribuée, car tout ce

[1] Note relative aux fonctions des vaisseaux des plantes, par M. H. Lecoq. (*Comptes rendus*, LVI, 1863, p. 1148-1149.)

[2] Note sur les fonctions des vaisseaux des plantes, par M. Ad. Brongniart. (*Compt. rendus*, LVII, 1863, p. 5-6.)

qu'on peut en conclure, c'est que, pour divers arbres et à certaines époques de l'année, une partie au moins des vaisseaux du bois sont occupés par de l'air, tandis que les expériences de M. A. Gris établissent que, sur plusieurs espèces ligneuses et pendant une période assez longue, la plupart des vaisseaux du bois, peut-être tous, renferment une séve sucrée. Quant à l'exemple des plantes submergées cité par M. Lecoq, il a relevé cette circonstance bien connue que ces plantes sont entièrement dépourvues de vaisseaux, ou tout au plus n'offrent qu'une ou deux trachées, placées dans l'axe de leur tige ou de leurs nervures principales, et tellement ténues qu'il a fallu des observations très-attentives pour en reconnaître l'existence.

M. Brongniart a fait justement observer que les expériences de P. Dalimier n'étaient pas aussi rigoureusement concluantes que le pensait leur auteur; la justesse de cette critique ressort des recherches récentes faites en commun, à Lyon, par MM. Ern. Faivre et Dupré [1]. Ces deux observateurs ont imaginé d'extraire la séve et les gaz contenus dans des rameaux de Mûrier et de Vigne, aux principales époques de l'année, en les expulsant au moyen d'une injection mercurielle. Leur procédé consistait à adapter un tuyau de caoutchouc au bout du rameau ou de la racine en expérience; ce tuyau était fixé, par son autre extrémité, à un tube de verre dans lequel ils versaient du mercure en quantité déterminée par la pression qu'ils voulaient exercer. L'extrémité inférieure de ce tube de verre, le tuyau de caoutchouc et la portion de végétal soumise à l'expérience étaient plongés dans une cuve à mercure; ils recouvraient enfin le bout libre du rameau ou de la racine avec une éprouvette renversée pleine de mercure, dans laquelle se rendaient les liquides et les gaz chassés par la pression. Ils ont pu

[1] Recherches sur les gaz du Mûrier et de la Vigne, les parties qui les renferment, les changements que la végétation y détermine, par MM. Ern. Faivre et Dupré. (*Comptes rendus*, LXII, 1866, p. 778-781; *Mém. de l'Acad. impér. des sciences, belles-lettres et arts de Lyon*, classe des sciences, XV, 1865-1866, p. 217-241.)

constater ainsi plusieurs faits intéressants. Ils ont reconnu d'abord, en s'aidant de la dissection et du microscope, que le mercure ne pénètre exclusivement que dans les vaisseaux. Ils ont vu ensuite que le contenu expulsé de ces tubes par le mercure est très-variable, selon l'époque de la végétation et selon les circonstances atmosphériques. Aux premiers jours du printemps, la séve est très-abondante et le gaz en faible proportion. Aux derniers jours de l'automne, la séve a diminué et le gaz a augmenté notablement. Dans les périodes intermédiaires, l'injection expulse à la fois le liquide et le gaz en proportions variables. En hiver, on ne retire pas de séve en quantité appréciable, mais bien de notables quantités de gaz, en opérant sur des rameaux, tandis qu'au même moment les racines fournissent, avec le gaz, une forte proportion de séve. Pendant la belle saison, la sécheresse augmente fortement la quantité de gaz et fait diminuer la séve en raison inverse; au contraire, des pluies abondantes ramènent le liquide et font décroître le gaz. De ces observations les deux auteurs tirent cette conclusion légitime : que le contenu des vaisseaux subit des variations nombreuses, déterminées par la végétation, par l'influence des milieux, et qui sont aussi en rapport avec les parties du végétal qu'on examine. D'un autre côté, les conséquences qui découlent de leurs analyses des gaz extraits de la Vigne et du Mûrier sont que la composition de ces gaz varie avec les époques de la vegétation. Pendant la période d'inactivité, l'acide carbonique y existe en proportion très-faible et à peine appréciable, tandis que l'oxygène se rapproche du chiffre normal qu'il atteint dans l'air atmosphérique. Le contraire se produit pendant la phase d'activité, et les changements dans ce sens sont d'autant plus marqués que la végétation est plus énergique : avec ses progrès, la proportion d'acide carbonique augmente, celle d'oxygène diminue. Dans les racines, pendant la période d'activité, on trouve moins d'oxygène et plus d'acide carbonique que dans les rameaux examinés simultanément.

Un autre point d'un grand intérêt, au point de vue des liquides nourriciers des plantes, de leur destination et de leurs mouvements dans l'organisme, a fixé l'attention de M. Trécul et de M. E. Faivre : c'est celui qui est relatif au rôle du latex ou des sucs propres et de la part qu'il peut prendre à la circulation ainsi qu'à la nutrition.

Déjà, dans un travail dont il a été question plus haut (voyez p. 78), le premier de ces botanistes avait exprimé ses idées sur le rôle des laticifères, chargés, d'après lui, de prendre aux cellules environnantes les matières qui n'ont pas été assimilées à l'organisme, et de les rapporter aux vaisseaux, c'est-à-dire aux tubes qu'il reconnaît comme les conduits essentiels de la séve; il avait ajouté, comme à titre de conséquence naturelle de ces idées, que les laticifères forment en quelque sorte les veines des végétaux. Faisant un pas de plus dans cette voie, il a exposé, peu de temps après, comment il conçoit que s'effectue l'ensemble de la circulation[1]. Selon lui, l'aspiration des liquides par les racines et les mouvements des sucs nourriciers dans les végétaux ne peuvent s'accomplir sous l'influence des forces physiques auxquelles on fait jouer, sous ce rapport, un rôle important, c'est-à-dire de la capillarité, de l'endosmose et même de l'évaporation qui a lieu à la surface des organes. Au lieu de ces diverses forces physiques, il pense qu'il n'en est qu'une qui agisse, la vie, « force que nous ne connaissons que par les effets qu'elle produit. » Les liquides absorbés en vertu de cette force s'élèvent par le corps ligneux jusque dans les feuilles, pour en descendre ensuite en se dirigeant vers les racines. L'ensemble de ces deux marches inverses et successives est, pour M. Trécul, la *grande circulation*, tandis qu'il voit la *circulation veineuse* dans celle qui, par les laticifères, ramène aux vaisseaux

[1] De la circulation dans les plantes, par M. Trécul. (*Comptes rendus*, XLV, 1857, p. 434-437, 466-469.) — De la présence du latex dans les vaisseaux spiraux réticulés, rayés et ponctués, et de la circulation dans les plantes, par le même. (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, VII, 1857, p. 289-301.)

proprement dits les substances que les cellules n'ont point assimilées. Pour la grande circulation, le courant ascendant a lieu dans les vaisseaux qui reçoivent les sucs puisés dans le sol par les racines et qui les élaborent. Par lui, la séve qui, chemin faisant, prend part à la nutrition des premiers organes développés, arrive dans les feuilles, où elle est élaborée dans le parenchyme et sous l'influence de la respiration. Ainsi modifiée, elle descend à travers les cellules corticales qu'elle nourrit, et elle concourt à la multiplication des cellules de la zone génératrice. L'excès de cette séve, ou ce qui n'est pas employé à nourrir les cellules nouvellement formées ni à épaissir les premières développées, descend par ces cellules nouvelles, les dilate, les perfore et en fait ainsi des vaisseaux. Cette formation vasculaire s'opère dès lors de haut en bas. Mais les cellules ne s'assimilent qu'une partie des éléments de la séve et rejettent le reste. Ce reste, sous la forme de résine, d'huiles essentielles, etc. est recueilli dans des réservoirs particuliers, d'où il est ensuite versé au dehors; ou bien il est repris par les laticifères, qui le reportent dans les vaisseaux proprement dits. Là ces substances sont oxydées, grâce à l'air qui arrive par les méats intercellulaires; elles deviennent ainsi de nouveau propres à être assimilées. Leur oxydation détermine la formation de l'acide carbonique qui est expiré pendant la nuit. Quant aux vaisseaux, M. Trécul dit que, après avoir été créés par l'action du courant de la séve descendante, ils servent, pendant les années suivantes, à l'ascension des sucs. Ils en sont remplis tant que la végétation est très-active; mais ils se vident ordinairement peu à peu, quand les sucs puisés dans le sol ne sont plus aussi abondants ou deviennent nuls. Les sinuosités que décrivent les vaisseaux dans les bourrelets formés au-dessus des ligatures ou des décortications montrent la marche qu'ont suivie les courants de la séve nourricière à travers les cellules de la zone génératrice, et prouvent qu'ils se sont contournés dans toutes les directions pour trouver une issue. On ne peut se dissimuler que cette idée générale de la circulation, tout ingénieuse

qu'elle est, ne soit purement spéculative, à certains égards, et n'attende dès lors une confirmation expérimentale ou pratique.

Ainsi qu'on vient de le voir, le latex n'est pas autre chose, aux yeux de M. Trécul, que le résidu de l'élaboration de la séve par les cellules, le *caput mortuum* de cette séve, comme il l'appelle encore. Il en est tout autrement aux yeux de M. Ern. Faivre, qui, reprenant une opinion exprimée par de Candolle dans ses plus anciens travaux et adoptée ensuite par quelques physiologistes, veut voir dans ces sucs colorés la séve descendante ou élaborée elle-même. Pour démontrer l'exactitude de cette théorie, il a fait de nombreuses expériences de décortication annulaire, de bouturage, etc. d'abord sur le *Ficus elastica*[1], ensuite sur le Mûrier blanc[2]. Les faits qu'il a reconnus dans ces recherches, conduites avec autant d'habileté que de persévérance, ont certainement beaucoup d'intérêt; mais ils peuvent recevoir une interprétation toute différente, et, au lieu de prouver que le latex soit la séve nourricière elle-même, ils semblent confirmer seulement ce qu'on savait déjà, c'est-à-dire que la plante consomme au besoin pour se nourrir toutes les matières amassées dans les cavités de ses tissus. D'ailleurs la théorie en faveur de laquelle le savant professeur de Lyon se prononce de la manière la plus nette ne se concilie guère avec cette circonstance, qu'un grand nombre de végétaux paraissent être dépourvus de latex et devraient dès lors se nourrir sans séve nourricière.

### Art. 4. — Absorption et excrétion.

Pour se nourrir, les végétaux doivent puiser autour d'eux les matières diverses qui, élaborées dans leurs organes, leur fourniront, d'un côté, les éléments de leur croissance, et, de l'autre, leur

[1] Recherches sur la circulation et sur le rôle du latex du *Ficus elastica*, par M. Ern. Faivre. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, XI. 1864, p. 96-100; *Comptes rendus*, LVIII, 1864, p. 959-963.)

[2] Recherches sur la circulation et sur le latex du Mûrier, par M. Ern. Faivre. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, XII. 1865. p. 232-236.)

permettront de produire à l'intérieur de leurs cellules les substances de natures variées qui donnent à chaque espèce ses propriétés caractéristiques. Les matières qui constituent leurs aliments se trouvent dans le sol et dans l'air, et, comme ceux de leurs organes que leur activité conduit naturellement à regarder comme devant opérer dans l'un et dans l'autre de ces milieux sont les racines et les feuilles, il s'ensuit naturellement que les racines et les feuilles sont regardées comme les organes essentiels de l'absorption des aliments. Des expériences concluantes ont prouvé que les substances solides ne peuvent être absorbées dans leur état normal, quelque divisées qu'elles soient, et qu'elles ne peuvent s'introduire dans les tissus vivants et intacts qu'à la faveur de leur solution dans un liquide qui, dans les conditions naturelles, est toujours l'eau. Quant aux gaz, ils peuvent être aussi absorbés soit dans leur état naturel, soit grâce à leur solution dans un liquide. Absorbés à l'état gazeux, ils donnent lieu surtout à la respiration, qui n'est que l'une des phases de la nutrition, tandis que, pris en solution, ils rentrent plus directement dans la catégorie générale des aliments.

Il est facile de prouver expérimentalement la faculté absorbante des racines; on a même pu reconnaître exactement la portion de leur surface, voisine de leur extrémité et généralement chargée de poils radicaux ou suçoirs (Gasparrini), qui en est le siége essentiel; mais il est plus difficile d'obtenir la constatation directe de la même propriété pour les feuilles. Aussi, tandis que l'existence de cette faculté est admise sans contestation pour le premier de ces organes, des objections sérieuses ont-elles été élevées, dans ces derniers temps, et sous certains rapports, relativement à l'opinion qui l'attribue généralement au second. L'exposé qui va suivre donnera une idée de ces objections.

D'un autre côté, le résultat de la nutrition est non-seulement de donner naissance aux substances nécessaires pour le développement de la plante, mais encore d'expulser celles qui lui sont inutiles ou qui lui deviendraient peut-être nuisibles si elle ne s'en débarrassait.

Ces matières sont donc ou déposées dans des cavités particulières, réservoirs de formes diverses creusés au milieu du tissu vivant, ou bien rejetées au dehors par des moyens assez variés. Tant qu'elles restent dans la plante, on les désigne habituellement sous la dénomination de *matières sécrétées*, tandis qu'on les distingue par le mot d'*excrétions*, lorsqu'elles se font jour au dehors. Les excrétions qui se montrent sur les parties aériennes des plantes sont, en général, assez faciles à reconnaître pour qu'il n'y ait pas de discussion possible à leur sujet; mais la difficulté est beaucoup plus grande lorsqu'il s'agit de constater si les racines plongées dans le sol sont le siége de phénomènes du même genre, et, dans ce cas, quelles sont les matières dont la plante se débarrasserait par cette voie. Sous ce dernier rapport, une discussion sérieuse a eu lieu, et, quoiqu'elle ait donné naissance à de nombreux travaux, souvent contradictoires, elle n'est pas encore arrivée à son terme définitif.

Les considérations qui précèdent montrent qu'il y a lieu de diviser cet article en deux paragraphes, susceptibles d'être encore subdivisés à leur tour.

§ 1. Absorption.

1° *Absorption par les racines.* Une question fort controversée dans ces derniers temps est celle du rôle que joue l'humus dans la nutrition des plantes. Les expériences et les analyses de Th. de Saussure avaient fait admettre que les sucs extractifs contenus dans le terreau sont absorbés par les racines et favorisent puissamment la végétation. Le célèbre chimiste de Genève avait dit en termes formels que les cendres de ces sucs contiennent tous les principes des cendres des végétaux. Néanmoins la théorie des aliments uniquement minéraux pour les plantes était venue ensuite diminuer la confiance que l'on avait eue jusqu'alors dans l'efficacité du terreau. Il y avait donc intérêt à démontrer que les principes solubles contenus dans cette portion importante des terres fertiles, particulièrement les ulmates, sont absorbés directement par les racines et

favorisent d'une manière notable l'accroissement végétal, même en l'absence de tout autre aliment.

Cette démonstration a été donnée par Soubeiran[1], qui a montré notamment un pied de Lampsane commune se développant avec vigueur, par cela seul que ses racines plongeaient dans une solution d'ulmate d'ammoniaque qu'on changeait chaque jour, et dont on voyait la teinte brune s'éclaircir fortement à mesure que l'absorption avait lieu. Elle a été ensuite complétée par M. Malaguti[2], qui s'est attaché à donner une précision rigoureuse à ses expériences. Opérant sur ce qu'il nomme la Cressonnette (probablement le Cresson alénois ou *Lepidium sativum* L.), il a semé comparativement des quantités égales de graines de cette plante dans deux grands entonnoirs remplis à moitié de gravier et à moitié de brique pilée, à laquelle avaient été mêlés un centième d'os calcinés et un centième de craie. Après la germination, les deux lots ont été arrosés, tous les jours, l'un avec cent centimètres cubes d'eau distillée, l'autre avec le même volume d'une solution d'ulmate d'ammoniaque. Après cinq arrosages, les plantes arrosées avec l'ulmate avaient une verdure foncée, tandis que celles qui n'avaient reçu que de l'eau distillée étaient d'un vert clair. Après dix-huit arrosages, les premières avaient une végétation luxuriante, et, tandis que, desséchées, elles ont pesé 15g,150, les autres, dans les mêmes conditions, n'ont pas dépassé le poids de 12g,550. Cette expérience démonstrative met hors de doute et l'absorption des ulmates solubles pendant la végétation et leur influence énergique sur l'accroissement des végétaux.

L'absorption de plusieurs matières qui se comportent à la manière d'aliments utiles ou même nécessaires s'explique assez difficilement pour que les chimistes aient dû rechercher à reconnaître les actions que d'autres substances exerceraient sur elles dans le

[1] De l'humus et des engrais, par Soubeiran. (*Journal d'agriculture pratique*, 1851, p. 185-196.)

[2] Note sur l'absorption des ulmates solubles par les plantes, par M. Malaguti. (*Compt. rend.* XXXIV, 1852, p. 112-114.)

sol, soit pour les rendre moins adhérentes à la terre si elles sont solubles, soit, dans le cas contraire, pour leur donner la solubilité qui leur manque, en les faisant entrer dans des combinaisons nouvelles. Mais ces recherches, dont la physiologie utilise très-avantageusement les résultats, sont si essentiellement du domaine de la chimie, qu'il n'y a pas lieu de s'en occuper ici. Aussi nous suffira-t-il de citer, entre autres, sans les analyser, les travaux de cet ordre que la science a dus, dans ces dernières années, à Lassaigne[1], à MM. P. Thénard[2], Dehérain[3], etc.

Quelle que soit la manière dont les substances solubles et insolubles s'introduisent dans les racines des plantes, une question capitale domine toute cette partie de la physiologie. On sait, en effet, que toutes les espèces sont loin de contenir les mêmes matières minérales; même que, croissant dans la même terre, elles offrent, sous ce rapport, des différences marquées. Elles choisissent donc en quelque sorte les substances qui leur conviennent, ou, si l'on veut, elles offrent accès à certaines de ces substances préférablement à d'autres ou avec plus de facilité aux unes qu'aux autres. Mais comment se fait cette sorte de choix? Repose-t-il sur une faculté qui aurait quelque analogie avec l'instinct, ou sur des particularités anatomiques, ou enfin sur d'autres causes encore inconnues?

Les physiologistes ont répondu de manières diverses à cette question. Parmi eux, l'un de ceux qui, en France, en ont fait la base des observations les plus suivies, est M. Bouchardat, qui a été conduit ainsi à dire[4] qu'un végétal, plongeant librement par ses

[1] Lettre concernant l'action qu'exerce sur les phosphate et carbonate de chaux l'eau saturée de son volume d'acide carbonique, par Lassaigne. (*Comptes rendus*, XXIII, 1846, p. 1019-1020.)

[2] Note sur la manière dont les phosphates passent dans les plantes, par M. P. Thénard. (*Comptes rendus*, XLVI, 1858, p. 212-215.)

[3] Recherches sur l'absorption de la potasse par les plantes, par M. P. Dehérain. (*Ann. des sciences naturelles*, 4e série, XX, 1863, p. 211-227; *Comptes rendus*, LVI, 1863, p. 965-969.)

[4] Recherches sur les fonctions des racines. Les plantes placées dans une dissolution contenant plusieurs substances absorbent-elles préférablement certaines

racines dans une dissolution très-étendue de plusieurs sels sans action chimique sur ses tissus, absorbe en même proportion toutes les substances contenues dans cette dissolution. Si les racines plongées, non dans une dissolution pure, mais dans la terre imbibée de cette dissolution très-étendue, absorbent certaines substances plus que d'autres, cela tient surtout à ce que cette terre agit à la manière des corps poreux, qui, comme on le sait, ont la propriété de retenir, de fixer certaines matières solubles en plus forte proportion que d'autres. Par une conséquence nécessaire, celles qui sont retenues avec le plus de force sont l'objet de l'absorption la moins étendue, tandis que les autres sont pompées beaucoup plus largement. En outre, M. Bouchardat fait intervenir une autre cause pour expliquer l'inégalité de proportions avec laquelle les différentes matières se rencontrent dans les plantes, car il admet que certaines d'entre elles sont rejetées au dehors par les racines, de telle sorte qu'il n'en reste définitivement dans les tissus qu'une portion de la quantité qui avait été primitivement absorbée. C'est même en se basant sur cette excrétion radicellaire qu'il a cru devoir contester l'exactitude des conclusions tirées par Th. de Saussure de ses expériences bien connues, conclusions qui ont été appuyées sur des analyses parfaitement exactes, mais incomplètes, pense M. Bouchardat, ou viciées par l'effet de l'addition, restée inaperçue, dans le liquide où plongeaient les racines, de sels que la plante avait rejetés par ses racines.

L'inégalité de proportion des matières introduites dans les plantes par les racines a un intérêt si considérable, que, pour fixer la science à ce sujet, l'Académie des sciences de Paris a cru devoir provoquer des travaux spéciaux dans cette direction, et que, dans ce but, elle en a mis l'étude au concours pour 1866. Elle a reçu de M. P. Dehérain, sur cette question, un grand mémoire

substances à d'autres? Expériences sur cette question, par M. Bouchardat. (*Comptes rendus*, XXII, 1846, p. 940-942; *Recherches sur la végétation appliquées à l'agriculture*, p. 162-172, Paris, 1846, gr. in-18.)

qu'elle a accueilli avec assez de faveur pour décerner à son auteur le prix proposé. Malheureusement il ne paraît pas que ce mémoire ait été encore publié; mais les résultats des expériences dont il renferme l'exposé sont connus par le remarquable rapport[1] dont il a été l'objet pour M. Naudin, organe d'une commission de cinq membres; on peut donc les résumer succinctement, afin de donner une idée de ce travail important.

Il n'est pas inutile de rappeler en quels termes la question avait été formulée : « Déterminer expérimentalement les causes de « l'inégalité de l'absorption, par des végétaux différents, des disso- « lutions salines de diverses natures que contient le sol, et recon- « naître, par l'étude anatomique des racines, les rapports qui peuvent « exister entre les tissus qui les constituent et les matières qu'elles « absorbent ou qu'elles excrètent. » D'abord, quant à la partie anatomique de la question, elle a été résolue négativement par M. Dehérain, comme elle l'avait été par tous ceux qui l'avaient précédé. Un examen attentif n'a révélé à cet observateur, dans la structure des racines, rien qui parût tenir de près ou de loin à l'inégalité de leur action, selon les espèces, ou selon les sols.

Il a donc été conduit ainsi à chercher par une autre voie la découverte de la vérité. C'est dans l'action des forces physiques, particulièrement de l'endosmose et de la diffusion, qu'il a vu la cause de l'absorption par les racines et des particularités remarquables dont elle est accompagnée pendant la végétation. Une expérience curieuse lui a prouvé que des vases poreux de diverses natures, plongés dans des dissolutions complexes, absorbent inégalement les différentes substances dissoutes, et font dès lors une sorte de choix, absolument comme les racines elles-mêmes. L'accord entre l'absorption végétale et la pénétration à travers les vases poreux est tel, que les sels qui s'introduisent le plus facilement dans

[1] Prix Bordin. Rapport sur le concours de l'année 1865. Commissaires : MM. Decaisne, Brongniart, Fremy, Tulasne. Naudin, rapporteur. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, LXII, 1866, p. 545-553.)

ceux-ci sont également ceux qui pénètrent le mieux dans les plantes. Par exemple, les sulfates surpassant les chlorures quant au pouvoir endosmique, on s'explique pourquoi les plantes marines, bien qu'elles vivent au milieu d'une eau plus chargée de chlorures que de sulfates, renferment cependant une proportion plus forte de ces derniers sels que des premiers. Il résulte de là que, aux yeux de M. Dehérain, la composition minérale des plantes qui se développent au milieu de dissolutions salines est déterminée, dans une certaine mesure, par le pouvoir endosmique des différents sels dissous. Toutefois ce n'est pas là l'unique explication des inégalités qu'on observe à cet égard. L'emploi des réactifs très-étendus ou celui des dissolvants neutres a permis à ce chimiste de reconnaître que les principes minéraux sont fixés dans les plantes avec des degrés très-divers d'énergie; que, pour citer des exemples, des lavages prolongés à l'eau douce enlèvent à certaines plantes marines tous les chlorures et laissent les sulfates, et qu'une dissolution étendue de soude entraîne toute la silice des feuilles et du bois, en respectant celle que contiennent la paille de Froment et les feuilles de Fougères. De même les fibres végétales de diverses plantes peuvent prendre, dans une dissolution, des quantités variables de sels. Dans l'hypothèse, admise par plusieurs physiologistes, selon laquelle les plantes peuvent rejeter ou excréter par leurs racines les substances qui leur sont inutiles, on s'expliquerait qu'une matière se trouve en abondance dans une espèce de plante, et seulement en faible quantité dans une autre; mais l'auteur, pas plus que plusieurs de ses devanciers, n'a pu obtenir la preuve que ces excrétions aient lieu. Il a donc fallu chercher ailleurs l'explication. Elle a été basée sur ce fait important de diffusion, que, si l'on met dans un vase poreux une dissolution saline, et qu'on plonge ce vase dans une autre dissolution contenant deux sels, dont l'un soit identique à celui de la première dissolution, ce dernier ne pénétrera pas dans le vase poreux, où arrivera, au contraire, le premier. La plante agissant comme le vase poreux, dans cette

expérience, si une substance s'y est fixée, elle est comme n'existant pas, ou du moins comme existant en assez faible proportion pour qu'il en arrive du dehors, où elle est abondante, une nouvelle quantité qui pourra se fixer à son tour, et ainsi de suite; il y aura donc accumulation de cette substance, par exemple de la silice dans les Graminées, les Fougères, etc. La même explication est appliquée par M. Dehérain à l'accumulation de quelques matières dans certains organes plus que dans d'autres. Il suffit, en effet, que cette matière se fixe plus particulièrement dans un organe, pour qu'elle y soit retenue en proportion de plus en plus forte à mesure qu'elle s'y incorpore. Au total, ce chimiste rattache la diversité de composition des cendres végétales, conséquence de l'absorption, aux causes suivantes : station des plantes qui les met en rapport direct avec des sols de différentes natures; inégalités de la force endosmique, variables selon les sels; enfin affinité capillaire s'élevant jusqu'à la combinaison chimique qui détermine la précipitation de certains principes par les tissus des plantes et l'appel, par diffusion, de principes semblables, à l'exclusion de ceux qui, non fixés dans la plante, s'y trouvent en dissolution plus concentrée que dans le sol. Toutefois il reconnaît que ces forces physiques ne peuvent encore expliquer le mouvement des matières azotées et des phosphates vers la graine; mais il ne croit pas que ce fait soit dû à une cause purement physiologique. On a vu plus haut (page 148) que M. Trécul regarde les forces physiques comme ne pouvant rendre compte de l'absorption et de la nutrition; M. Dehérain attribue tout, au contraire, à ces mêmes causes. Ce sont deux exagérations en sens inverses, entre lesquelles doit certainement se trouver la vérité.

Les plantes phanérogames épiphytes, qui vivent attachées à l'écorce des arbres sans leur demander autre chose qu'un point d'appui et l'humidité superficielle, possèdent des racines qu'on appelle *aériennes*, parce qu'elles restent dans l'air sans arriver généralement jusqu'au sol; elles sont d'ordinaire pourvues d'une

enveloppe spéciale, spongieuse, composée de cellules lâchement unies et fibreuses, dont la nature a été interprétée de manières fort diverses, et qu'on a nommée leur *voile* ou *velamen*. Elles parviennent néanmoins, dans quelques circonstances, à s'enfoncer en terre, dans le terreau ou dans la mousse, et elles subissent alors des modifications importantes quant à leur structure. Il y avait intérêt à savoir si leur faculté d'absorber subit également dans ce cas un changement notable; c'est ce qu'a cherché à reconnaître M. Chatin. Cet observateur dit s'être assuré[1] par ses expériences que le pouvoir d'absorption des racines aériennes des Orchidées est quarante fois plus faible que celui des racines des mêmes plantes qui se sont développées dans la terre; que ce pouvoir est le même quand elles possèdent une enveloppe spongieuse, et quand elles en sont dépourvues. Cette enveloppe, ajoute-t-il, concourt à l'absorption en s'imprégnant d'eau, qu'elle cède ensuite peu à peu à la racine. Cette propriété de s'imprégner d'eau lui semble expliquer les bons effets qu'on obtient lorsqu'on cultive les Orchidées dans de la terre ou dans de la mousse humide, ainsi que l'action avantageuse des bassinages. Les extrémités vertes de ces racines aériennes sont, pour les mêmes plantes, le siége de l'absorption directe de l'eau.

2° *Absorption par les feuilles.* Placées constamment au milieu de l'atmosphère et offrant même une large surface qui multiplie considérablement leurs points de contact avec elle, les feuilles semblent devoir être un puissant organe d'absorption de l'eau, qui joue un rôle essentiel dans la nutrition végétale. Il est donc tout naturel qu'on leur ait attribué un grand pouvoir sous ce rapport. Or c'est sous deux états que l'eau se présente à elles : à l'état liquide, grâce aux pluies et à la rosée; à l'état gazeux, grâce à la vapeur qui existe dans l'air, en proportions assez diverses, selon les

[1] Recherches expérimentales sur le pouvoir d'absorption, par rapport à l'eau, des racines des plantes aériennes, par M. Chatin. (*Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences*, XLII, 1856, p. 841-845.)

circonstances, pour constituer des états hygrométriques fort différents; elle pourrait donc être absorbée sous ces deux états.

*a.* Absorption de l'eau liquide. — Plusieurs physiologistes ont, à une époque plus ou moins reculée, institué des expériences sur l'absorption de l'eau par les feuilles; mais ce sont les observations faites à ce sujet par Bonnet qui ont eu le plus de retentissement. En posant des feuilles détachées de la plante sur des vases remplis d'eau, il les a vues rester fraîches pendant longtemps, lorsqu'elles touchaient le liquide par l'une de leurs faces, se faner rapidement, au contraire, quand le contact avait lieu par l'autre. C'était, en général, et particulièrement pour les végétaux ligneux, la face inférieure dont le contact avec l'eau maintenait leur fraîcheur. Le savant génevois concluait de là, et il faut convenir que cette conclusion semblait naturelle, que, dans ce dernier cas, les feuilles absorbaient l'eau qui les conservait en bon état. Cependant les physiologistes ont rejeté presque tous cette conclusion comme inexacte (J.-J.-P. Moldenhawer, de Candolle, Tréviranus, Meyen, etc.), et ils ont expliqué le résultat des expériences de Bonnet parce que le contact de l'eau avec la face de la feuille où s'opère habituellement la transpiration aurait opposé un obstacle insurmontable à l'accomplissement de ce phénomène, et aurait ainsi empêché la feuille de s'épuiser par ses pertes, sans toutefois lui permettre de rien acquérir.

Afin de savoir si cette dernière interprétation était fondée, M. Duchartre[1] a répété les expériences de Bonnet, en pesant avec soin les feuilles avant et après leur contact avec l'eau. Il a reconnu ainsi que, lorsqu'elles restent fraîches, elles augmentent de poids, et par conséquent absorbent du liquide; qu'elles diminuent au contraire fortement de poids, lorsque le contact de l'eau ne les empêche pas de se faner. Il a donc été prouvé par là que l'explication donnée par Bonnet de ses observations était la seule exacte. Toutefois M. Duchartre a pensé que cette absorption d'eau par les feuilles était plutôt une

[1] Expériences sur l'absorption de l'eau par les feuilles au contact, par M. Duchartre. (*Bulletin de la Société botanique de France*, III, 1856, p. 221-223.)

sorte d'imbibition qu'une absorption comparable à celle qu'opèrent les racines, car l'effet en est uniquement local. Le liquide absorbé n'agit en rien sur les portions de la feuille restées en dehors du vase sur lequel on a posé cet organe; car ces portions sèchent à côté de celles auxquelles le contact de l'eau permet de conserver toute leur fraîcheur.

Ajoutons que, dans son important travail relatif à l'action des poisons sur les plantes[1], O. Réveil a rapporté les résultats de nombreuses expériences par lesquelles il a constaté aussi et mesuré l'absorption directe de l'eau, par les feuilles, en quantités inégales, selon que l'une ou l'autre de leurs deux faces touchait le liquide.

Quelques années plus tard, M. Baillon a fait des expériences dirigées dans un sens notablement différent, qui l'ont conduit à admettre que les feuilles peuvent absorber une grande quantité d'eau[2]. Au lieu d'opérer sur des feuilles détachées, il a mis en observation, dans un cas, un rameau d'*Aristolochia Sipho* coupé, et portant deux feuilles égales; dans deux autres cas, un rameau feuillé de Hêtre pleureur tenant à l'arbre. Dans la première de ces expériences, il a suffi de plonger une feuille dans l'eau pour que l'autre se maintînt fraîche pendant trois jours et trois nuits, les deux bouts du rameau ayant été couverts de cire. Dans les deux autres expériences, le rameau de Hêtre pleureur ayant été plongé dans un vase rempli d'eau a fait disparaître de ce vase une quantité très-notable de liquide, 71 centimètres cubes en vingt et un jours, dans un cas, 32 environ en six jours et demi, dans l'autre. De là l'auteur conclut qu'un Hêtre de grande taille absorberait, pendant le même espace de temps, par ses feuilles, une immense quantité d'eau qui ne s'élèverait pas à moins de 3000 kilogrammes.

Ces expériences sont intéressantes; mais il serait hardi d'en

[1] Recherches de physiologie végétale; de l'action des poisons sur les plantes, par P. O. Réveil, in-8° de 179 pages. Paris, 1865.

[2] Expériences relatives à l'absorption des liquides par les feuilles, par M. Baillon. (*Adansonia*, I, 1860-1861, p. 328-333.)

déduire ce qui doit se passer dans la nature pour des plantes végétant dans les conditions habituelles. En effet, dans la première, il s'agit d'un rameau coupé, ne recevant dès lors rien du sol, et amené ainsi à réparer de toute manière les pertes d'eau que subit l'une de ses deux feuilles placée à l'air libre; dans les deux autres, un rameau seul a subi une immersion complète, tandis que tout le reste de l'arbre, restant dans les conditions normales, était le siége d'une abondante transpiration, puisqu'il était placé dans l'atmosphère chaude et desséchante de l'été. Les conditions ne sont plus du tout les mêmes dans la nature, où le feuillage des plantes n'a le contact de l'eau que par l'effet des pluies, de la rosée ou des brouillards. Or, dans ces diverses circonstances, la transpiration est nulle ou à peu près nulle pour les feuilles; l'absorption par les racines est donc plus que suffisante pour maintenir l'équilibre, et il n'y aurait rien d'étonnant à ce qu'un organisme qui n'exhale pas n'absorbât pas non plus, ou n'absorbât qu'en proportions trop faibles pour qu'il en résultât une influence appréciable sur la marche de la végétation.

On peut dire d'ailleurs qu'un rameau coupé, plongé dans l'eau par l'une de ses feuilles, se trouve dans une situation assez analogue à celle qu'on établirait pour lui en faisant tremper dans le liquide sa section inférieure, puisque sa feuille submergée peut s'imbiber comme une éponge, ainsi que l'ont montré les expériences de Bonnet et de M. Duchartre. Il n'y a donc pas de motif pour conclure de ce fait au vegétal vivant et fixé au sol.

C'est au reste ce que semblent établir de nombreuses expériences dues à M. Duchartre. Ces expériences ont porté sur des espèces variées, en bonne végétation, choisies aussi entières que possible, plantées chacune dans un pot qu'on enfermait dans un appareil spécial, hermétiquement fermé; cette disposition, en supprimant toute diminution de poids dans la terre et dans le pot, permettait de ne tenir compte que des variations subies par les organes placés dans l'air. Comme, d'un autre côté, le même appareil permettait d'arroser

à volonté la terre dans laquelle s'étendaient les racines, il ne changeait aucune des conditions dans lesquelles se trouvent habituellement les plantes analogues cultivées en pots dans les jardins. Les expériences de M. Duchartre, prolongées pendant plusieurs années, ont été divisées en deux séries relatives l'une à l'action de la pluie, l'autre à celle de la rosée et des brouillards. La méthode suivie dans les unes et les autres consistait à peser avec une bonne balance chaque sujet au moment où il était mis en observation, c'est-à-dire à l'instant où on allait l'exposer à la pluie, ou bien le soir, à l'entrée d'une nuit qui paraissait devoir amener une abondante formation de rosée. Une nouvelle pesée avait lieu à la fin de l'observation, après quelques heures d'une pluie continue, ou de grand matin, quand il s'agissait de la rosée. Cette seconde pesée était double pour chaque sujet dont le poids était déterminé, une première fois lorsque ses feuilles étaient encore toutes mouillées, une seconde fois après qu'on avait enlevé avec grand soin toute cette eau superficielle par des moyens variés et aussi rapidement que possible. La comparaison de cette dernière pesée avec celle qui avait été faite au commencement de l'observation montrait, à 1/10 ou même 1/20 de gramme près, si la plante avait augmenté ou diminué de poids pendant l'expérience. Une absorption d'eau, quoique très-faible, devait amener une augmentation de poids appréciable à la balance, puisque, dans les conditions où se faisaient ces expériences, la déperdition d'eau est anéantie ou à très-peu près, comme on le sait, et qu'aucun autre phénomène ne peut amener une diminution de poids. Or le résultat de toutes ces observations a été négatif.

Relativement à la pluie, une note[1] publiée par M. Duchartre expose les résultats de huit observations concordantes, choisies parmi plusieurs autres, et dont les sujets ont été quatre espèces différentes

[1] L'eau de la pluie qui mouille et lave les organes extérieurs des plantes est-elle absorbée directement? Recherches expérimentales sur cette question, par M. P. Duchartre. (*Bulletin de la Société botanique de France*, VII, 1860, p. 86-92; extrait dans les *Comptes rendus*, L, 1860, p. 359-360.)

de plantes. Dans ces huit cas, les sujets observés n'ont pas accusé d'absorption sensible, même, dans une circonstance, après avoir enduré la pluie pendant dix-huit heures de suite. L'auteur croit pouvoir en conclure que l'eau de la pluie n'est pas absorbée par les plantes en général, lorsqu'elle les mouille pendant quelques heures. Toutefois il exprime cette conclusion avec réserve, soit parce qu'elle ne repose pas sur un assez grand nombre de faits, soit parce qu'il n'est pas impossible qu'un lavage des feuilles par l'eau de la pluie finisse par en mettre l'épiderme dans un état tel qu'il devienne capable d'absorber dans une certaine mesure. Quoi qu'il en soit à cet égard, il semble incontestable que la quantité d'eau absorbée par les feuilles ne peut être assez considérable pour avoir une véritable importance physiologique, et que, comme M. Schleiden l'avait présumé *à priori*, c'est essentiellement en mouillant le sol que la pluie sert à la végétation.

Quant à la rosée et aux brouillards, les expériences de M. Duchartre ont été poursuivies pendant cinq années, dans un grand jardin situé à la campagne. Elles lui ont permis de recueillir un grand nombre de faits, qui tous lui semblent autoriser la même conclusion[1] : c'est que la rosée qui se dépose sur les feuilles des plantes n'est pas absorbée par elles en quantité appréciable à la balance, ni par conséquent susceptible d'exercer une influence sensible sur la marche de la végétation, et que son utilité incontestable, surtout dans les contrées chaudes et pendant la belle saison, résulte, d'une part, de ce qu'elle mouille la terre, qui, de plus, agit en même temps sur l'humidité atmosphérique, en vertu de sa porosité; d'autre part, de ce qu'elle supprime entièrement ou presque entièrement la transpiration. Tout étrange que puisse paraître ce défaut d'absorption, il semble expliqué par deux circonstances : 1° la rosée ne lave

[1] Recherches expérimentales sur les rapports des plantes avec la rosée et les brouillards, par M. P. Duchartre. (*Ann. des sciences naturelles*, 4e série, XV, 1861, p. 109-160; extrait dans les *Comptes rendus*, XLII, 1856, p. 428-430, 790-792; *Bulletin de la Société botanique de France*, IV, 1857, p. 940-946.)

pas les feuilles, mais, s'y déposant par gouttes qui tantôt restent séparées, tantôt et plus ordinairement se joignent en couche continue, elle n'en exclut pas la couche d'air adhérente qui rend le contact imparfait; 2° la surface de la cuticule épidermique est revêtue d'une couche de matière grasse plus ou moins prononcée, dont on a reconnu que la production est d'autant plus abondante que la journée précédente a été plus belle et plus chaude. Or c'est précisément à la suite de ces mêmes journées que la condensation de l'humidité atmosphérique, déterminée par un abaissement notable dans la température des corps, se fait d'ordinaire en plus grande abondance.

Que les feuilles aient la faculté d'absorber l'eau dans certains cas et en soient dépourvues dans d'autres, cette propriété tient nécessairement en elles à l'épiderme et surtout à la cuticule qui revêt celui-ci. C'est donc avec raison que M. Garreau s'est proposé de déterminer expérimentalement les propriétés endosmiques de cette enveloppe générale des végétaux; seulement, comme ses expériences ne pouvaient porter, on le conçoit sans peine, que sur des épidermes arrachés ou isolés de l'être vivant, les conclusions qu'elles autorisent peuvent bien ne pas s'appliquer avec une parfaite rigueur à cette même membrane dans sa situation naturelle, c'est-à-dire faisant partie d'un organe intact, en possession de toute son activité vitale. Les observations de ce savant sont rapportées par lui dans la première partie d'un mémoire qui touche à deux questions différentes[1]. En appliquant des épidermes, pris sur différentes espèces de plantes et à différents âges pour la même espèce, à des endosmomètres de mêmes dimensions, de manière à obtenir ainsi des données comparables, il est arrivé à constater plusieurs faits intéressants qui peuvent être formulés de la manière suivante: la cuticule jouit de propriétés endosmiques d'autant plus prononcées qu'elle est fournie par un organe plus jeune; elle absorbe d'autant plus que

[1] Recherches sur l'absorption et l'exhalation des surfaces aériennes des plantes, par M. Garreau. (*Annales des sciences nat.* 3e série, XIII, 1850, p. 321-346.)

la matière glauque ou grasse est moins abondante à sa surface. La cuticule qui tapisse la face supérieure des nervures des feuilles, et plus spécialement celle qui revêt le pétiole à sa partie axillaire, est, de toute la surface foliaire, celle où la faculté d'absorber est le plus prononcée. L'épiderme fait obstacle, dans une certaine mesure, à la transmission de l'eau absorbée par la cuticule. Enfin M. Garreau, ayant vu que des lavages à l'eau distillée augmentent le pouvoir absorbant de l'épiderme, croit devoir en conclure, sans toutefois s'appuyer pour cela sur des expériences directes, que les eaux pluviales doivent produire le même effet sur les feuilles entières des plantes vivantes. Cette déduction est en opposition avec les résultats des recherches expérimentales qui viennent d'être rapportées.

*b*. Absorption de la vapeur d'eau. — Si la croyance générale est et a toujours été que les feuilles peuvent absorber l'eau liquide, à plus forte raison est-on universellement convaincu qu'elles peuvent puiser dans l'air, pour s'en nourrir, la vapeur d'eau qui s'y trouve constamment répandue. Il y a surtout une catégorie de plantes pour lesquelles cette faculté d'absorber la vapeur d'eau atmosphérique a toujours semblé être une condition essentielle de l'existence; c'est celle des plantes épiphytes ou épidendres, qui, s'attachant à l'écorce des arbres, vivent sans rapport avec le sol, souvent même à une grande hauteur sur les troncs ou sur les grosses branches, dans les forêts des pays intertropicaux. On a dit aussi que, dans ces plantes, non-seulement les feuilles, mais encore les racines aériennes, en général pourvues d'une enveloppe spéciale ou d'un voile, peuvent puiser la vapeur d'eau dans l'atmosphère au sein de laquelle elles vivent. Même un des savants les plus distingués de l'Allemagne, M. Unger, affirme (*Anatomie und Physiologie der Pflanzen*, 1855, p. 307), en s'appuyant sur deux expériences à lui propres, que les racines aériennes des Orchidées, pourvues de leur enveloppe spéciale, «possèdent à un haut degré la propriété de condenser la vapeur d'eau,» et que dans une Commélinée épiphyte, le *Spironema fragrans*, la nutrition s'opère exclusivement grâce aux

racines aériennes dépourvues de voile, mais garnies à leur surface de poils qui absorbent surtout de la vapeur d'eau.

Pour s'éclairer à ce sujet, M. Duchartre a fait sur des Orchidées et des Broméliacées épiphytes, ainsi que sur le *Spironema fragrans*, de nombreuses expériences, dont les résultats, concordants entre eux, l'ont conduit à une opinion tout opposée[1]. Ces expériences ont consisté à mettre, pour chacune de ces plantes, au milieu d'une atmosphère confinée extrêmement humide, tantôt le faisceau des racines aériennes, tantôt la tige feuillée, tantôt aussi la plante entière. Dans ces diverses circonstances, l'air, tout humide qu'il était, n'a rien fourni à la plante, dont le poids a diminué rapidement. Toutes les fois au contraire que, par des seringuages, on a mouillé les racines, ces mêmes plantes ont immédiatement repris vigueur et augmenté de poids. On a pu ainsi faire alternativement croître et décroître le poids de la même plante, selon qu'on en mouillait les racines ou qu'on se contentait de l'entourer d'air surchargé d'humidité. L'auteur conclut de tous ces faits que les plantes épiphytes ne tirent de l'atmosphère, ni par leurs feuilles, ni par leurs racines, l'humidité en vapeur qui s'y trouve répandue, quelque forte que puisse en être la proportion, et que la nourriture leur arrive uniquement grâce à l'absorption de l'eau liquide par leurs racines. La manière dont ces plantes végètent dans leur pays natal explique sans difficulté qu'elles vivent et prospèrent même sans toucher au sol; en effet, elles y développent une quantité considérable de racines aériennes qui retiennent, par leur enchevêtrement, une masse de débris végétaux, de poussières, et s'entourent ainsi en quelque sorte d'un sol artificiel. L'abondance des rosées et des pluies, dans les régions chaudes, achève de rendre facile à comprendre l'existence des épiphytes, bien qu'elles ne puissent condenser la vapeur d'eau pour en faire la base de leur nutrition.

[1] Expériences sur la végétation des plantes épiphytes et conséquences qui en découlent relativement à la culture de ces plantes, par M. P. Duchartre. (*Journal de la Société impériale et centrale d'Horticulture*, II, 1856, p. 67-79.)

§ 2. Excrétion.

Que les plantes rejettent au dehors ou sécrètent différentes matières dont la formation est une conséquence de la nutrition et qui leur sont inutiles ou qui pourraient même leur devenir nuisibles, si elles ne parvenaient à s'en débarrasser, c'est un fait assez évident dans un grand nombre de circonstances diverses pour ne pouvoir donner lieu à aucune contestation ; mais, dans les cas où il se révèle à l'observation même superficielle, c'est toujours sur les organes extérieurs ou aériens qu'il se montre. Se produit-il aussi sur les organes souterrains, particulièrement sur les racines? Cette question se présente naturellement à l'esprit, et il importerait beaucoup de pouvoir y faire une réponse catégorique. Aussi sera-t-elle rangée en premier lieu dans ce paragraphe, dont la division est suffisamment tracée par ce qui vient d'être dit.

A. *Excrétions des racines.* On fait généralement remonter jusqu'à Duhamel la théorie selon laquelle les racines auraient la faculté de de rejeter dans le sol, par leur extrémité, des matières devenues étrangères à la plante; toutefois notre célèbre physiologiste-cultivateur s'est borné à exprimer en termes fort dubitatifs l'idée que telle pouvait être l'origine d'une matière gélatineuse, qu'il avait observée sur des racines après les avoir tenues pendant quelque temps dans des tubes de verre remplis d'eau. Il se montrait d'ailleurs beaucoup plus porté à donner pour cause à la présence de cette matière la décomposition de quantité de filaments radicellaires par l'effet de leur séjour dans le liquide. Plus tard, en 1785, Brugmans dit avoir vu des gouttelettes liquides sortir pendant la nuit du bout des racines de quelques pieds de Pensée qu'il avait plantés dans des vases de verre plein de sable pur, et il admit que c'était là le résultat d'une excrétion. Plenk et Humboldt allèrent bientôt jusqu'à généraliser cette idée, et le premier de ces savants n'hésita pas à regarder comme excrémentitielles les matières excrétées, selon lui, par le bout des racines, et qu'il qualifia de matière fécale des végé-

taux. Plus récemment, de Candolle, ayant cru voir une démonstration de l'existence de ces excrétions dans les expériences que M. Macaire, de Genève, avait faites à son instigation, basa sur cette circonstance une théorie des assolements, ainsi que des prétendues antipathies et sympathies des plantes, à laquelle l'autorité de son auteur a valu une grande vogue, et qui, aujourd'hui encore, compte de nombreux partisans. D'après ce célèbre botaniste, si une plante, cultivée plusieurs fois de suite dans le même champ, donne des produits de moins en moins abondants et végète de plus en plus faiblement, cela tient à ce que ses racines rejettent sans cesse dans la terre de ce champ des matières dont l'organisme se débarrasse lorsqu'elles lui sont devenues ou inutiles ou nuisibles, et à ce que ces matières produisent sur les plantes de la même espèce une action désavantageuse.

Parmi les physiologistes français qui se sont occupés de la question dont il s'agit, dans l'espace des vingt-cinq dernières années, certains ont cru à l'existence d'excrétions radicellaires, tandis que d'autres n'ont pas admis la réalité de ce phénomène. Parmi les premiers on peut citer MM. Bouchardat et Réveil, qui s'en sont occupés incidemment, le premier dans ses études sur les fonctions des racines (voyez p. 154), le second dans un mémoire important relatif à l'action des poisons sur les plantes (voyez p. 161); mais c'est surtout M. Chatin qui, admettant sans réserve la faculté d'excrétion comme une propriété des racines, en a fait la base d'une théorie complète[1]. D'après lui, lorsqu'on offre aux racines une solution arsénicale assez étendue pour ne pas en désorganiser le tissu, le poison est absorbé. Une fois introduit dans l'organisme, il commence par s'accumuler dans certaines parties préférablement à d'autres; puis, au bout d'un certain nombre de jours, qui est sujet à varier selon l'espèce sur laquelle a été faite l'expérience et

[1] Études de physiologie végétale faites au moyen de l'acide arsénieux, par M. Chatin. (*Comptes rendus*, XX, 1845, p. 21-29; *Annales de Chimie et de Physique*, 1848, 3e série, XXIII, p. 105-110.)

aussi selon les circonstances météorologiques, il est éliminé par le fait de l'excrétion radicellaire, et son expulsion par cette voie finit par être assez complète pour que l'analyse chimique démontre qu'il n'en reste plus vestige dans la profondeur des tissus. Des causes diverses peuvent favoriser ou contrarier l'exercice de cette faculté d'élimination; ce sont l'âge, l'espèce et les influences extérieures, savoir la chaleur, la lumière, l'électricité, l'humidité et les saisons. Ainsi M. Chatin croit pouvoir tirer de ses expériences la démonstration de ce fait très-contesté, que non-seulement les racines absorbent les substances dont elles ont le contact, même les poisons, mais encore que, en vertu de la propriété dont elles sont douées de rejeter au dehors les substances inutiles ou nuisibles aux plantes, elles peuvent verser dans le sol ce qu'elles en ont retiré; il ajoute que rien de pareil n'a lieu pour les feuilles.

Toutefois ni les expériences de M. Macaire ni celles de M. Chatin n'ont porté la conviction dans l'esprit des physiologistes. En Allemagne, en Italie, plusieurs savants du plus grand mérite, Meyen, MM. Hugo von Mohl et Walser, Unger, Trinchinetti, etc. après des recherches attentives et variées, se sont prononcés catégoriquement contre l'existence d'excrétions radicellaires, et les faits qu'ils ont fait connaître à cet égard ne peuvent guère laisser de doutes dans l'esprit. Ils ont montré d'ailleurs que les expériences de M. Macaire, ayant été faites sur des plantes arrachées, et dont par conséquent les racines étaient plus ou moins endommagées dans leurs ramifications à la fois les plus ténues et les plus essentielles, n'autorisaient aucune déduction rigoureuse, et ne constituaient dès lors qu'une base bien frêle pour la théorie de de Candolle. En France, à une date récente, la même question a occupé sérieusement M. Cauvet, qui l'a prise comme sujet d'une thèse pour le doctorat ès sciences naturelles[1]. Cet observateur est arrivé

[1] Études sur le rôle des racines dans l'absorption et l'excrétion, par M. D. Cauvet; thèse in-4° de 119 pages, Strasbourg, 1861; reproduite dans les *Annales des sciences naturelles*, 4° série, XV, 1861, p. 320-359.)

à des conclusions contraires à l'idée que les racines excrètent, et nous avons vu aussi (p. 157) que plus récemment encore M. Dehérain a été conduit par ses expériences à nier, de son côté, l'existence de cette prétendue faculté d'élimination.

Comme l'indique le titre de son mémoire, M. Cauvet étudie d'abord expérimentalement la question de savoir si les racines absorbent toutes les substances qui leur sont offertes. Il y répond par la négative. Les plantes, dit-il, mises dans des liqueurs colorées, actives ou non, n'absorbent pas intégralement ces liqueurs, tant que leurs racines sont physiologiquement saines. Dans les liqueurs actives, les extrémités des radicelles sont promptement et vivement attaquées, et elles se désagrégent; dans les liqueurs inertes, il se fait, surtout vers leur extrême pointe, un dépôt de matière colorante qui finit par rendre l'absorption très-difficile ou même nulle, et qui peut, en dernière analyse, amener la destruction de la partie sur laquelle il s'est formé. Dès que le bout des racines s'est désorganisé, la liqueur pénètre dans la plante et s'y répand en suivant les faisceaux fibro-vasculaires. Relativement aux excrétions des racines, M. Cauvet a été conduit par ses expériences à en nier la réalité. Discutant les expériences de M. Chatin, il conteste l'exactitude des conclusions qu'en tire ce savant. Selon lui, les racines des plantes qui ont servi de sujets dans ces expériences devaient être au moins malades, et par conséquent incapables de fonctionner d'une manière normale. Pour s'assurer s'il en était ainsi, il a répété ces expériences, mais en opérant sur une plante capable de vivre longtemps dans l'eau sans souffrir et d'y développer même de nouvelles racines. Il a reconnu ainsi l'élimination du poison, mais comme s'opérant par une tout autre voie que les racines. Selon lui, le poison absorbé s'accumule dans les feuilles, qui meurent et tombent successivement, jusqu'à ce que, la matière toxique ayant ainsi disparu presque en entier, les nouvelles feuilles puissent avoir un développement à peu près normal. En outre, l'eau transpirée emporte une faible quantité de cette même matière que

l'appareil de Marsh et le procédé proposé par M. Filhol ont permis de reconnaître, lorsqu'il s'agissait de l'arsenic. Nous sommes donc en droit de supposer, dit M. Cauvet, que, tant que le végétal renferme de l'arsenic, ce poison se localise dans les feuilles au fur et à mesure de leur évolution, et qu'il a été tout entier éliminé lorsque ces organes n'offrent plus de traces de maladie. L'arsenic qu'on trouve dans le sol autour de la plante n'a pas été rejeté par celle-ci; il y a été laissé par les radicelles qui sont mortes en grand nombre, et qui se sont désagrégées. Ne se contentant pas d'employer l'arsenic, M. Cauvet a fait absorber à douze espèces différentes, choisies parmi celles dont la tige rampante émet aisément des racines, quinze sortes de substances toxiques : ses expériences ont été très-nombreuses, car il a soumis plusieurs espèces de plantes au même poison, et, d'un autre côté, il a essayé l'action de plusieurs poisons sur une même espèce de plante. Les conséquences de ce long ensemble de recherches expérimentales sont formulées par lui de la manière la plus catégorique. « Les racines physiologiquement saines n'excrètent pas, dit-il, les substances vénéneuses absorbées par les plantes; les excrétions, telles que les avaient admises Macaire et de Candolle, n'existent pas réellement; toute théorie basée sur l'existence de ces excrétions sera donc nécessairement fausse. »

Une opinion jusqu'à un certain point intermédiaire aux deux précédentes a été encore exprimée. Elle est développée et appuyée sur des expériences et des analyses par M. Roché, dans une thèse de pharmacie, dont ces développements forment la troisième partie[1]. La conclusion dernière de ce travail est que l'excrétion des composés minéraux non assimilables par les plantes a lieu en partie, sinon en totalité, par les racines; que les fonctions des feuilles sont complétement étrangères à l'excrétion, mais qu'elles peuvent la produire quelquefois mécaniquement par leur mort et leur re-

[1] De l'action de quelques composés du règne minéral sur les végétaux, par M. M.-E.-E.-H. Roché; thèse in-4° de 71 pages, Paris, 1862.

tranchement du végétal. Ainsi l'auteur de ce travail admet comme positive et même générale l'excrétion radicellaire; mais il pense en même temps que les substances non assimilables peuvent aussi s'accumuler dans les feuilles, et, en déterminant la mort ainsi que la chute de ces organes, disparaître partiellement avec eux de la plante.

Ajoutons que, dans une note postérieure à la publication de sa thèse[1], M. Cauvet a soumis à une analyse critique les expériences de M. Roché et les déductions qui en ont été tirées par cet observateur; son but a été de montrer que les unes n'étaient pas à l'abri de toute objection, que les autres n'avaient pas toujours été obtenues conformément aux lois d'une logique rigoureuse; mais cette note est un article de polémique bien plutôt qu'un travail original; il suffit donc d'en consigner ici la simple mention.

L'exposé des progrès effectués parmi nous, dans ces dernières années, relativement aux questions importantes de l'absorption et de l'excrétion par les racines, appelle, comme complément nécessaire, l'indication des travaux qui ont eu pour objet la recherche de l'influence qu'exercent sur les végétaux vivants les substances toxiques dont on détermine l'introduction dans leurs tissus. C'est particulièrement à ce sujet intéressant que se rapportent le mémoire de M. Chatin, dont il s'est agi plus haut à propos de l'excrétion des racines (voyez p. 169), et celui de M. Roché, dont il vient d'être question. C'est encore à cette recherche que M. Filhol a consacré une note[2] dans laquelle il est arrivé à des résultats analogues à ceux qu'avait obtenus M. Chatin relativement à l'absorption, à l'accumulation et à l'élimination par les racines des acides arsénieux et arsénique. Mais le travail le plus considérable dont la science ait été enrichie à cet égard, dans ces derniers temps, est celui de

[1] De l'excrétion des matières non assimilables par les végétaux, par M. Cauvet. (*Bulletin de la Société botanique de France*, XI, 1864, p. 201-211.) — [2] *Journal de pharmacie*, 3e série, XIV, 1848, p. 331-343, 401-409.

O. Reveil, qui a été déjà cité plus haut (voyez p. 161) et dont la publication a eu lieu fort peu de temps avant la mort prématurée de ce chimiste distingué.

La question y est traitée dans toute son étendue, avec un soin remarquable. L'auteur présente d'abord un historique circonstancié des écrits qui ont été publiés relativement au sujet dont il s'occupe. Il examine ensuite, en trois chapitres distincts, 1° l'action des poisons minéraux sur les plantes; 2° l'action des poisons organiques; 3° l'absorption par les organes aériens. Après avoir exposé en détail les conditions et les détails de ses nombreuses expériences, il en déduit les conséquences générales en termes concis, qui résument à la fois et les faits et la signification qu'ils lui semblent avoir.

Selon lui, à part de rares exceptions, il n'existe aucun rapport entre l'action des poisons sur les animaux et celle qu'ils exercent sur les végétaux. Tous les poisons sont absorbés par les racines des végétaux, lorsqu'ils sont en solution assez étendue (1/2000 à 1/1000); on peut les retrouver dans les points les plus éloignés du lieu de contact. Parmi les poisons minéraux qui empoisonnent plus ou moins rapidement les animaux, et qui tuent les végétaux à petite dose (1/1000), il faut citer en première ligne les arsenicaux solubles, et après eux les sels de mercure, d'antimoine, de cuivre, de plomb, d'étain, de bismuth. Parmi les préparations minérales insolubles, dans lesquelles la germination ne s'opère pas ou se fait mal, il faut citer les sulfures d'arsenic et d'antimoine; et, parmi les combinaisons non toxiques, le sesquioxyde de fer pur ou mélangé en forte proportion avec la terre. Le chlorate de potasse, celui de soude, les iodates des mêmes bases et l'iodure de potassium, qui ne sont pas des poisons pour les animaux, tuent promptement les plantes à la dose de un à deux millièmes; les chlorates ne sont pas transformés en chlorures pendant l'acte de la végétation. Les poisons minéraux corrosifs agissent sur les végétaux de deux manières : tantôt ils altèrent, corrodent les tissus, dessèchent ou

atrophient les extrémités des racines (arsenicaux), tantôt ils les gonflent et les ramollissent (chlorates alcalins); mais, par une action secondaire et mystérieuse, ils peuvent être absorbés et tuer les plantes sans qu'il y ait lésion. Le chlore et les hypochlorites en solution très-étendue activent la végétation des plantes ligneuses; ils nuisent aux plantes herbacées; en solution concentrée, ils les tuent toutes. Le brome et l'iode en solution très-étendue sont fort nuisibles aux plantes. Les acides minéraux dilués à 1/1000 et les alcalis caustiques nuisent à la végétation. Le sulfate, le chromate et le permanganate de potasse, le ferro-cyanure, le cyanure de potassium, les sulfures alcalins, à 1/1000, nuisent à la végétation; à dose très-faible, les nitrates alcalins la favorisent. Le chlorhydrate et le nitrate d'ammoniaque nuisent à la végétation, lorsqu'on les emploie en solution assez concentrée; ils la favorisent, lorsqu'ils sont étendus d'eau. Employés avec discernement, les sels de fer sont utiles aux plantes; à dose élevée, ils leur nuisent considérablement. Les acides organiques (acétique, citrique, tartrique) nuisent à la végétation; l'acide oxalique est beaucoup moins actif; il est brûlé et on ne le retrouve pas dans les divers organes. Parmi les acides organiques, l'acide benzoïque est celui qui tue les plantes le plus rapidement et à plus faible dose; cette action puissante paraît tenir à autre chose qu'à sa nature acide. L'acide cyanhydrique, poison violent pour les animaux, est loin d'agir avec autant de force sur les végétaux. Tous les alcalis organiques peuvent être absorbés par les plantes. Quelques-uns, comme le sulfate de quinine et surtout celui de cinchonine, nuisent à la végétation. D'autres (morphine, codéine, nicotine) paraissent ne pas influer sur elle. D'autres enfin (atropine) l'activent réellement et agissent comme de véritables engrais. Les alcalis organiques peuvent être retrouvés dans les parties des plantes où ils n'ont pu pénétrer que par voie d'absorption; ils y persistent plus ou moins longtemps, en raison directe de leur stabilité. Les moins stables (atropine, nicotine, etc.) disparaissent les premiers; on les trouve plus longtemps dans les

feuilles que dans les fleurs. Les alcalis organiques disparaissent peu à peu des plantes qui les renferment, lorsque celles-ci sont desséchées à l'air et à la lumière. Les alcalis organiques vénéneux ne paraissent exercer aucune action physiologique sur les plantes ; ils ne modifient pas la sensibilité ni la motilité de celles qui peuvent exécuter des mouvements sous diverses influences. L'alcool, l'éther, le chloroforme et tous les liquides spiritueux, même fort dilués, les huiles essentielles extrêmement étendues, les eaux distillées qui en renferment, sont des poisons très-énergiques pour les plantes. L'absorption par les parties aériennes des végétaux, quoique extrêmement restreinte, s'effectue cependant, comme le démontrent les arrosages et les immersions des tiges et des feuilles dans les alcaloïdes et dans certains sels. L'épiderme et l'épisperme sont des obstacles à l'absorption ; le lavage et le savonnage la facilitent ; la moindre lésion rend l'imbibition très-prompte. De toutes les matières colorantes que M. O. Reveil a cherché à faire absorber par des plantes à fleurs blanches placées dans diverses conditions, le suc de betterave est la seule qui ait paru être absorbée.

A l'action des poisons sur les plantes se rattacherait celle de toutes les matières qui peuvent agir avantageusement sur la végétation, c'est-à-dire des engrais de toute nature ; mais l'examen de ces influences diverses rentre bien plus directement dans le domaine de la science appliquée à la culture que dans celui de la physiologie végétale proprement dite, et, pour ce motif, il nous semble convenable de ne pas insérer ici l'exposé des travaux nombreux auxquels cette question d'application a donné lieu dans ces derniers temps.

B. *Excrétions des fleurs et des feuilles.* — Les fleurs possèdent fréquemment des appareils excréteurs auxquels sont dues les matières en général plus ou moins mielleuses qu'on y trouve et que les insectes suceurs vont y puiser avec avidité. Cette particularité, peu importante par elle-même, acquiert un intérêt majeur par les conséquences indirectes qu'elle amène. On sait, en effet, depuis les

patientes observations de Christian Conrad Sprengel, étendues et expliquées récemment par MM. Darwin, Scott, Hildebrand, etc. que ces petits animaux jouent un rôle essentiel dans la fécondation d'un grand nombre, on pourrait même dire du plus grand nombre des plantes; d'où il résulte que l'accomplissement du plus merveilleux phénomène de la nature végétale repose très-souvent sur l'intervention de ceux d'entre les organes floraux que leur faible importance morphologique fait regarder d'ordinaire comme purement secondaires.

Considérés en eux-mêmes, ces organes ont peu occupé les physiologistes. Toutefois il en est un qui a donné lieu successivement à deux travaux intéressants : il consiste en deux appendices en forme de cornes que présente, sur ses côtés et à sa base, le gynostème ou colonne sexuelle de la fleur des *Coryanthes*, plantes fort singulières de la famille des Orchidées. En 1855, le docteur Menière avait signalé (voyez p. 69) l'abondance remarquable avec laquelle ces petits appareils sécréteurs rejettent un liquide parfaitement limpide, incolore et inodore, très-faiblement visqueux, dans lequel l'analyse n'avait montré que de l'eau avec une petite quantité de matière étrangère formant seulement 2,45 p. 100 de la masse. Ce botaniste avait vu cette production de liquide commencer une heure ou deux au plus après l'épanouissement de la fleur, et se continuer depuis le 20 avril, à huit heures du soir, jusqu'au 24, vers minuit, c'est-à-dire pendant cent heures. Chaque goutte de liquide apparaissait au sommet de la corne, grossissait peu à peu et tombait enfin lorsque son poids devenait assez fort pour la détacher; ce qui arrivait au bout d'une demi-heure, en moyenne. Chacune des deux cornes pouvait émettre ainsi environ deux cents gouttes; d'où Menière concluait que chaque fleur de *Coryanthes* répandait 25 à 30 grammes de ce liquide. Se basant sur la saveur sucrée et la viscosité légère qu'il avait reconnues au produit de ce curieux phénomène, il pensait qu'on ne pouvait y voir simplement de la séve exhalée à la surface d'un corps spongieux, mais qu'il

s'agissait là d'une fonction intimement liée avec la reproduction du végétal.

Menière avait observé le *Coryanthes speciosa*; c'est sur le *C. maculata*, de la Guyane, que M. Baillon a fait ses recherches[1], qui ont porté à la fois sur la structure anatomique et sur l'action physiologique de l'organe excréteur. L'étude anatomique de ces appendices, en forme de petites cornes, les lui a montrés composés d'un épiderme à une seule assise de cellules inégales et aplaties, et, sous lui, d'un parenchyme à cellules inégales, polyédriques, dont certaines, éparses dans toute l'épaisseur de la masse, renferment un paquet de raphides. Cette masse parenchymateuse est parcourue longitudinalement par des faisceaux de trachées espacés, à peu près équidistants sur un plan parallèle aux faces aplaties du corps entier; arrivés près du sommet de la corne, ces faisceaux se recourbent sur eux-mêmes, en faisant une anse arrondie, et ils redescendent ensuite parallèlement à leur première direction. M. Baillon tire de la connaissance de cette structure la conclusion que chacune de ces cornes florales peut être un rameau aplati et foliiforme, comme celui des *Xylophylla*, et qu'elle est due à une gibbosité latérale du gynostème. Il pense que la formation des anses vasculaires est en rapport avec la production du liquide floral des *Coryanthes*, comme retardant la marche de ce liquide dans les trachées. En effet, dit-il, tant que l'écoulement a lieu par le sommet des cornes, les trachées sont remplies de liquide, tandis que d'ordinaire et à l'état adulte ces tubes paraissent remplis, ou à peu près, par des gaz. Les bulles gazeuses n'apparaissent qu'au moment où la fleur commence à se flétrir, et l'excrétion à s'arrêter. Le liquide, retardé dans sa marche au sommet des anses vasculaires, passe, continue cet auteur, des trachées dans les cellules environnantes, qui en sont comme noyées. Les cellules de ce sommet de la corne, plus grandes que les autres, à paroi épaisse, molle, pul-

[1] Recherches sur l'appareil sécréteur des *Coryanthes*, par M. Baillon. (*Adansonia*, IV, 1863-1864, p. 248-256, pl. 8.)

peuse, ne sont pas recouvertes d'un épiderme; quand le liquide cesse de couler, elles se ramollissent encore au point de former une sorte de gelée et de pouvoir être séparées l'une de l'autre sous la plus légère traction. M. Baillon ne pense pas que ce liquide soit autre chose que de la séve; il ne conteste pas toutefois que cette séve n'ait pu subir quelque modification qui échappe à l'observateur, pendant qu'elle traversait les cellules terminales de la petite corne. Il est confirmé dans cette opinion par ce fait remarquable, que si, au moment où l'écoulement est dans toute son intensité, on coupe transversalement la corne vers le milieu de sa hauteur, le liquide continue à sortir par la section, avec la même rapidité qu'auparavant, et, de même que pour ces organes laissés intacts, avec d'autant plus d'abondance que la plante a été arrosée plus copieusement. Recherchant enfin la nature du liquide dont il s'agit, ce botaniste l'a trouvé sans couleur ni odeur, même sans saveur pendant les premiers temps, après quoi il lui a reconnu une saveur sucrée, et plus tard encore un arrière-goût amer. La densité était de 1,01; aucune action n'était produite sur le papier de tournesol, soit bleu, soit rougi, ni sur le papier de curcuma, ni sur le sirop de violettes; mais les réactifs faisaient reconnaître la présence d'une quantité notable de sucre.

L'excrétion liquide (si toutefois le mot d'excrétion peut être employé dans ce cas) la plus surprenante qui ait été observée sur des feuilles est celle que le docteur Schmidt, de Stettin, reconnut, en 1831, sur l'*Arum Colocasia* L. (*Colocasia antiquorum* Schott), grande et belle plante de la famille des Aroïdées; elle se retrouve non-seulement dans les différentes espèces et variétés du genre *Colocasia*, mais encore, avec moins d'intensité, dans d'autres Aroïdées, en particulier dans le *Richardia africana* Kunth (*Calla æthiopica* L.). Voici en peu de mots comment fut faite la découverte de cet étrange phénomène, et dans quelles conditions il se présenta aux yeux de Schmidt. Au mois de mars, ce médecin reçut un pied de *Colocasia* peu développé encore, qui allait donner sa première

feuille. Sachant que cette espèce se trouve dans les parties marécageuses des contrées chaudes, il plaça le pot qui contenait sa plante derrière la fenêtre d'une chambre exposée au midi et sur un plat profond qu'il maintint constamment plein d'eau. A peine la première feuille se fut-elle développée et eut-elle pris toute sa croissance, qu'il vit à son extrémité une goutte d'eau claire et limpide qui, grossissant peu à peu, tomba aussitôt qu'elle fut entraînée par son poids. Une seconde goutte commença immédiatement à se former, et ce fait se produisit pendant plus d'une semaine, ne cessant d'avoir lieu que lorsque la plante eut développé une seconde feuille plus grande que la première. Après une suspension qui dura tout l'été, la même production d'eau recommença, à la fin de septembre, lorsqu'il ne restait plus à la Colocase qu'une seule feuille en bon état. Les circonstances principales que présenta ce curieux phénomène furent : qu'il n'eut lieu que vers les deux extrémités de la période végétative; qu'alors il se montra sans interruption pendant les vingt-quatre heures de la journée; qu'il ne commença, pour chaque feuille, qu'après qu'elle eut pris tout son accroissement; que la plus grande quantité d'eau excrétée pendant vingt-quatre heures fut de douze grammes et demi.

M. Duchartre a cru qu'il y avait intérêt à reprendre ces observations dans des conditions moins anormales, et à joindre l'étude anatomique, ainsi que celle des principales circonstances du développement de la feuille des Colocases, à l'examen physiologique du phénomène qu'elles présentent. Dans ce but, il a cultivé en pleine terre, dans un jardin, trois formes de la Colocase des anciens, qu'il a suivies sans interruption, dans tout le cours de leur période végétative, pendant les années 1856, 1857 et 1858. Il a pu tracer ainsi l'histoire détaillée du curieux phénomène découvert par Schmidt[1].

[1] Recherches physiologiques, anatomiques et organogéniques sur la Colocase des anciens (*Colocasia antiquorum* Schott), par M. P. Duchartre. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1860, L, p. 847-849; *Annales des sciences naturelles*, 4ᵉ série, XII, 1859, p. 232-279, pl. 17-20.)

En voici le résumé, divisé conformément aux trois parties de son mémoire :

1° Partie physiologique. L'émission du liquide a eu lieu par toutes les feuilles de chaque plante, quelque grand que pût en être le nombre, et pendant toute la période végétative jusqu'à la fin d'octobre, moment où l'arrivée du froid obligeait à retirer de terre les tubercules. Ce phénomène est donc permanent et général, et non transitoire ni momentané, comme l'auraient fait croire les observations de Schmidt. La sortie du liquide commençait le soir, au coucher du soleil, et ne cessait que le lendemain matin, vers sept heures, quelquefois un peu plus tard; d'abord faible, elle devenait peu à peu plus abondante; elle diminuait le matin, avant de cesser; pendant les journées de pluie continue ou de brouillard épais, elle se continuait sans interruption pendant les vingt-quatre heures. La quantité d'eau produite pendant une nuit, par une seule feuille, a été, au maximum, de 18 à 22 grammes, pour des feuilles qui mesuraient près de 0m,50 de longueur; en général, elle était de la moitié, des deux tiers ou même des trois quarts plus faible. M. Musset a récemment exprimé du doute quant à l'abondance de la production maximum; il a supposé que la rosée avait dû y intervenir, supposition inadmissible, puisqu'une sorte de tente en grosse toile épaisse mettait les plantes à l'abri du rayonnement nocturne. Au reste, dans les pays chauds, où les Colocases croissent avec assez de force pour que leurs feuilles deviennent énormes, la quantité d'eau produite devient très-considérable. Observant à Bahia une Aroïdée, presque certainement du même genre, qu'il nomme *Caladium distillatorium*, et dont les feuilles adultes atteignaient jusqu'à deux mètres de longueur sur un mètre de largeur, M. Francis Williamson a vu celles-ci émettre chacune environ une demi-pinte d'eau par nuit. L'eau se montre par gouttelettes qui sortent brusquement et comme si une impulsion vive les chassait de l'intérieur, c'est-à-dire par une sorte de pulsation; ces gouttelettes vont se ramasser, à l'extrême sommet de la feuille, en une goutte qui tombe

quand son poids l'entraîne. Dans les circonstances les plus favorables, il tombe plusieurs gouttes par minute. Le maximum observé par M. Duchartre a été de quinze gouttes, dont chacune était la réunion de huit à dix gouttelettes; ce qui donne au moins cent vingt gouttelettes par minute[1]. Toutes circonstances égales d'ailleurs, la quantité d'eau émise paraît être en proportion de la grandeur des feuilles. Il y a parallélisme entre l'abondance de l'excrétion aqueuse et le développement des feuilles; elle va en croissant jusqu'à ce que cet organe ait atteint son état adulte; elle reste alors quelque temps stationnaire et décroît ensuite jusqu'à cesser finalement. L'abondance des arrosements ou des pluies augmente la quantité de liquide produit, tandis que la sécheresse du sol suspend toute émission. L'humidité de l'air favorise la marche du phénomène, de même qu'une température peu élevée. Le liquide excrété est de l'eau presque pure, dans laquelle M. Berthelot n'a trouvé qu'un peu de chlorure de potassium, de carbonate de chaux et d'une matière organique mucilagineuse.

2° Partie anatomique. — La feuille des Colocases offre une nervure périphérique qui en suit le bord de près; celles des deux côtés viennent aboutir à la base d'une pointe terminale ou acumen épaissi et marqué en dessus, vers sa base, d'une dépression oblongue, longitudinale; au fond de cette dépression, l'on distingue quelquefois à l'œil nu, dans tous les cas à la loupe, des ouvertures, ordinairement au nombre de deux, dont la plus voisine du sommet est arrondie et plus petite que l'autre, qui est généralement ovale. Ce sont les orifices excréteurs que M. Duchartre a reconnus n'être que des stomates très-amplifiés, mais dont on retrouve les deux cellules marginales, avec leurs granules intérieurs. La nervure marginale étant reliée aux autres, qui, à leur tour, sont de simples ramifications des faisceaux vasculaires du pétiole, et une lacune suivant tout le trajet de chacun de ces faisceaux et nervures, il en résulte un système de ca-

[1] Williamson indique, pour sa plante, 165 gouttelettes par minute.

naux dans lesquels s'opère une circulation qui, en dernière analyse, apporte le liquide aux orifices excréteurs. Il y a deux ou même trois canaux qui suivent le bord de la feuille et qui reçoivent des autres nervures l'eau qu'ils dirigent eux-mêmes vers le sommet du limbe. Cette marche a été mise en évidence par des incisions diverses opérées soit sur la nervure périphérique, soit en divers points des autres nervures; dans ces cas, un écoulement s'est opéré par les sections qui avaient été pratiquées.

3° Partie organogénique. — Cette partie comprend l'exposé du développement de la feuille des Colocases, tel qu'ont permis de le suivre des mesures prises sur plusieurs feuilles, à partir du moment où elles commençaient de se dérouler. Voici quels sont les principaux résultats de ces observations : l'accroissement du limbe, d'abord assez faible, tant que la feuille, enveloppée dans la gaîne pétiolaire, ne laisse sortir que son extrémité, devient plus considérable quand elle s'est dégagée, surtout quand elle a déployé successivement ses deux côtés; son maximum arrive peu de jours après ce moment; après quoi il décroît rapidement pour cesser bientôt. L'allongement du pétiole se continue pendant plusieurs jours après que le limbe a cessé de grandir; c'est sa portion supérieure qui s'étend le plus; elle fait plus que doubler de longueur, à partir de l'époque à laquelle la feuille se dégage.

Plus récemment, M. Musset a examiné, à Toulouse, l'excrétion d'eau par les feuilles du *Colocasia esculenta*, l'une des nombreuses formes du *Colocasia antiquorum*, cultivé en pleine terre. Aux faits déjà observés par Schmidt, Williamson, Duchartre, il a ajouté[1] cette circonstance intéressante, que, quand la feuille jeune est encore

[1] De l'éjaculation de la séve aqueuse dans les feuilles du *Colocasia esculenta* Schott, par M. Musset. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, LXI, 1865, p. 683-686.) — De l'éjaculation de la séve aqueuse par les feuilles du *Colocasia esculenta* Schott, nouvelle fonction idiosynhydrique, par le même. (*Mémoires de l'Académie impériale des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse*, 6e série, IV, 1866, p. 68-99, pl. 1-4.)

en préfoliation, c'est-à-dire enroulée, elle projette brusquement les gouttelettes d'eau « par une éjaculation continue, parfaitement rhythmique et qui s'effectue par une sorte de systole et de diastole. » La force de projection est suffisante pour élever sensiblement ces gouttelettes au-dessus du niveau des orifices excréteurs et les lancer à quelques centimètres de leur point de départ. M. Musset a aussi reconnu que certaines conditions sont nécessaires pour que cette projection ait lieu. Il faut, dit-il, 1° que la souche soit ancienne et par conséquent grosse; 2° que la feuille soit en préfoliation, et au quart au moins sortie de sa gaîne; 3° que les orifices stomatiques aient leurs bords nets et entiers; 4° que le grand axe de leur fente n'ait pas moins de $0^{mm},30$ et pas plus de $0^{mm},65$ de longueur. Quant à la nature du phénomène qu'offrent les Colocases, M. Musset la voit dans le défaut d'équilibre, amené par la nuit, entre l'absorption d'eau s'opérant abondamment dans le sol marécageux où vivent ces plantes et la déperdition aqueuse dont leurs feuilles sont l'organe essentiel. « Pendant le jour, dit-il, l'exhalation insensible est dans toute son intensité et maintient un équilibre salutaire, en même temps qu'elle favorise la nutrition puissante des feuilles; mais, quand la nuit arrive, les effets du rayonnement abaissent la température de ces végétaux plongés dans une atmosphère chargée de vapeurs; la transpiration s'arrête, et l'eau qui est absorbée et monte poussée par la *vis a tergo* de l'endosmose et de la capillarité ferait périr de pléthore ces plantes dont les tissus sont si tendres. Mais, grâce à l'appareil circulatoire *idiosynhydrique*, annexé au système général, le liquide est déversé ou excrété par les ouvertures stomatiques. » C'est absolument, en termes différents, ce qu'avait dit M. Duchartre, lorsque, voulant indiquer que l'eau sortant sous la forme liquide par l'extrémité des feuilles des Colocases n'était pas autre chose que celle qui, dans le jour, disparaissait en majeure partie grâce à la transpiration, il l'avait qualifiée de « transpiration liquide nocturne qui remplace la transpiration gazeuse ordinaire ou diurne. » M. Musset ajoute que, si le phénomène curieux dont il s'agit prend l'apparence

d'une expulsion saccadée ou d'une éjaculation, cela tient à ce que l'eau, abondamment absorbée par les racines, ne peut s'échapper que goutte à goutte par des orifices trop étroits. Il conclut en définitive que cette fonction n'est qu'une sorte d'exosmose aqueuse servie par un système de canaux de dérivation dont les stomates (considérablement amplifiés sur l'acumen de la feuille) sont les écluses. Sa raison d'être et son but sont expliqués par l'habitat même de la plante, avec ce caractère particulier que, diffuse dans les autres végétaux marécageux, cette fonction est, chez les Colocases, localisée dans un appareil spécial.

### Art. 5. — Transpiration.

La circulation amène la séve brute des racines, qui en ont puisé les matériaux dans le sol, jusqu'aux feuilles dans lesquelles le système continu et ramifié des tubes qui suivent toutes les nervures la répandent sur une large surface. Mais ce liquide est alors éminemment aqueux, et, dans cet état, il est facile de comprendre, ce que prouvent du reste l'observation directe et l'expérience, qu'il ne peut servir que très-imparfaitement à la nutrition des organes. Il faut donc que, d'un côté, il perde une portion notable de l'eau qu'il renferme en excès, de l'autre, qu'il s'enrichisse de matières puisées dans l'atmosphère, qui, modifiées sous l'influence vitale, le rendent plus substantiel et plus nutritif. Cette double modification est opérée en lui par la transpiration et la respiration.

La transpiration, ou, comme on l'appelle souvent encore par une assimilation trop exclusivement physique, l'évaporation, a pour organe principal la feuille, que sa surface, en général fort étendue par rapport à son volume, et sa structure intérieure, rendent très-apte à l'accomplissement de ce phénomène. Les nervures et leurs nombreuses ramifications apportent la séve et la disséminent dans toutes les portions du parenchyme. A leur tour, les cellules de celui-ci sont comme embrassées par le système de canaux à air qui constituent les méats intercellulaires, dilatés même le plus souvent

en sortes de lacunes vers la face inférieure de l'organe foliaire; elles versent sous la forme de vapeur dans ces canaux irréguliers l'eau en excès que vient leur apporter la circulation, et ces canaux, à leur tour, dirigent cette eau vers l'épiderme. Celui-ci livre passage à cette transpiration interne, soit à travers ses cellules, quand il est continu et imperforé, soit et principalement par les orifices de ses stomates, dont chacun surmonte une chambre aérienne, véritable carrefour auquel viennent aboutir de nombreux méats. Ainsi s'opère à la surface des feuilles une déperdition considérable d'eau en vapeur, qui toutefois entraîne avec elle une très-faible proportion de matière organique.

La quantité d'eau que les plantes versent dans l'atmosphère par la transpiration, les conditions diverses dans lesquelles s'opère cet important phénomène, enfin les influences extérieures qui en favorisent ou en contrarient l'accomplissement, ont été déterminées par les belles expériences de Mariotte, de Guettard, surtout de Hales et de quelques physiologistes modernes, notamment de MM. Daubeny et Lawes, en Angleterre, de MM. Unger et Julius Sachs, en Allemagne. Les savants français se sont peu occupés, dans ces derniers temps, à élargir le cercle de nos connaissances sur ce sujet. Il n'y aura donc qu'un petit nombre de travaux à mentionner ici relativement à cette partie de la physiologie végétale, à laquelle cependant il importerait d'appliquer la rigueur des méthodes et la précision des appareils dont fait usage la science moderne.

M. Garreau, de Lille, a compris des recherches intéressantes sur ce phénomène dans un mémoire qui avait un objet plus complexe, et dont la première partie a été déjà résumée plus haut (voy. p. 165). L'une des questions dont il s'est le plus préoccupé a été de déterminer dans quel rapport se trouvent les deux faces d'une même feuille quant à la quantité d'eau qu'elles versent dans l'air. Dans ce but, il s'est servi d'un appareil ingénieux, formé de deux godets égaux en verre, allongés en forme d'entonnoir à tube court. Ces godets étaient exactement appliqués l'un vis-à-vis de l'autre, au

moyen d'une rondelle de toile imperméable et d'un lut particulier, sur l'une des deux faces de la même feuille; chacun d'eux renfermait une petite capsule où se trouvait du chlorure de calcium destiné à absorber l'eau rejetée par la transpiration; enfin le sommet de ces entonnoirs était fermé au moyen d'un bouchon et d'un petit tube en S contenant, dans sa courbure, un peu d'huile. Après chaque expérience, l'augmentation de poids du chlorure de calcium indiquait la quantité d'eau exhalée par la face foliaire correspondante. En opérant sur vingt-cinq espèces différentes, M. Garreau a reconnu que les quantités d'eau exhalée par la face supérieure et par la face inférieure des feuilles sont entre elles le plus ordinairement dans le rapport de 1 à 2, 1 à 3, plus rarement de 1 à 5, ou même de 1 à un nombre plus fort, et que ces quantités relatives ne tiennent nullement à la position respective des faces; en effet, une feuille mise en expérience avec la face inférieure en haut transpire comme si elle était restée dans sa situation naturelle. Sur une seule plante, la Guimauve (*Althæa officinalis* L.), la transpiration a été la même pour les deux faces.

Une autre question plusieurs fois agitée est celle de savoir si la quantité d'eau exhalée par les feuilles est en rapport avec le nombre de leurs stomates. M. Garreau a fait de nombreuses observations en vue de s'éclairer à ce sujet; il a ainsi reconnu qu'il n'existe pas de proportionnalité sous ce rapport. Par exemple, la feuille du *Verbena urticæfolia* a transpiré 0,23 d'eau par sa face supérieure dépourvue de stomates, et seulement 0,40 par l'inférieure qui montrait cent de ces petits appareils dans la faible étendue qu'embrassait le champ du microscope; la feuille du Dahlia, quoique n'ayant qu'environ la moitié des stomates qu'on observe sur celle de la Belladone (*Atropa Belladonna* L.), transpire près de deux fois plus que celle-ci; la feuille de la Capucine, ayant huit fois plus de stomates en dessous qu'en dessus, a une transpiration double seulement à la face inférieure de ce qu'elle est à la supérieure, etc. M. Garreau croit pouvoir conclure de certaines de ses observations

que l'épiderme qui recouvre les nervures intervient puissamment dans l'accomplissement du phénomène dont il s'agit, et qu'ainsi s'explique le défaut de proportion entre la quantité d'eau rejetée dans l'air par les feuilles et le nombre des stomates. Enfin l'auteur du mémoire dont il s'agit en ce moment a reconnu que la matière grasse qui enduit la cuticule épidermique oppose un puissant obstacle à l'exhalation, et il pense que, cette matière étant toujours moins abondante sur le trajet des nervures que sur le reste de la surface foliaire, on peut s'expliquer ainsi pourquoi la transpiration s'opère plus abondamment sur ce même trajet. Il fait même ressortir cette merveilleuse harmonie naturelle que la matière grasse est sécrétée principalement pendant les fortes chaleurs de l'été, et que dès lors ce fait, insignifiant en apparence, a une conséquence fort importante, puisqu'il amène une diminution considérable dans les pertes que les feuilles subiraient, sans cela, précisément à l'époque où les pluies sont rares et où la terre est sèche ou faiblement humide. La méthode suivie dans ces expériences n'est peut-être pas à l'abri de toute objection ; il est à craindre, par exemple, que l'action du chlorure de calcium n'ait un peu exagéré la quantité d'eau perdue par les feuilles ; quoi qu'il en soit à cet égard, les données auxquelles elle a conduit ont un intérêt qu'il est impossible de méconnaître.

M. Duchartre s'est attaché à rechercher ce que devient la transpiration des plantes pendant la nuit[1], et dans les différentes conditions d'humidité que peut amener autour d'elles cette portion de la journée. Hales avait dit que ce phénomène ne cause qu'une faible déperdition pendant les nuits chaudes et sèches, sans rosée sensible, et qu'il cesse entièrement de se produire aussitôt que se forme sur les feuilles la moindre rosée. Les physiologistes venus après lui ont émis, à cet égard, des énoncés plus absolus ; de Candolle et Tréviranus, suivis en cela par la généralité des botanistes,

[1] Observations sur la transpiration des plantes pendant la nuit, par M. P. Duchartre. (*Bulletin de la Société botanique de France*, IV, 1857, p. 1024-1031.

ont été jusqu'à dire que, excepté dans des cas fort rares, les plantes ne transpirent point pendant la nuit. Les expériences faites par M. Duchartre l'ont conduit à reconnaître, au contraire, comme général ce fait qu'il s'opère à leur surface une transpiration appréciable pendant la nuit, quelque humide qu'elle soit; mais que, déjà faible dans les circonstances les plus favorables, c'est-à-dire pendant les nuits chaudes, sèches ou sans rosée, elle ne détermine plus qu'une fort petite déperdition lorsqu'il se dépose une légère rosée, et qu'elle devient presque nulle, peut-être même quelquefois rigoureusement nulle, quand une forte condensation de l'humidité atmosphérique forme sur la superficie des feuilles un revêtement liquide complet. Cette marche générale de la transpiration pendant la nuit est en parfaite harmonie avec tout ce qu'on sait relativement à l'influence des actions extérieures sur l'intensité de ce phénomène, de telle sorte que le raisonnement et l'observation directe semblent justifier cette modification apportée aux idées reçues. Les expériences de M. Duchartre se rattachaient directement aux travaux qu'il avait entrepris afin de reconnaître comment les végétaux se comportent vis-à-vis de la rosée; elles ont eu pour sujets une Véronique frutescente, l'Hortensia, la Reine-Marguerite, et elles ont été faites comparativement pendant des nuits, les unes sans rosée, les autres amenant la formation de rosées tantôt légères, tantôt abondantes. En l'absence de rosée, la transpiration nocturne a été, en moyenne, un vingt et unième de ce qu'elle était, à la même époque, pendant le jour; elle a même été prononcée à peu près au même degré pour l'Hortensia, pendant une nuit où la pluie a été abondante et presque continue, où par conséquent l'humidité atmosphérique était extrême, la plante se trouvant en plein air, abritée du contact de l'eau par une grande vitre suspendue au-dessus d'elle. Quand la rosée n'a formé sur les feuilles qu'une simple buée, la transpiration, quoique plus faible que dans le cas précédent, a été encore assez appréciable pour que la plante, chargée de cette buée, eût un poids un peu plus faible que celui qu'elle

avait la veille à l'entrée de la nuit. Enfin, dans le cas où la rosée a formé sur toute la surface de ces mêmes plantes une couche d'eau continue et bien visible, cette eau superficielle enlevée, on a pu constater encore, en général, une diminution de poids égale à une faible fraction de gramme; néanmoins la balance n'a montré aucune diminution appréciable dans quelques cas où le dépôt de rosée avait été fort abondant.

Ces premières observations appelaient un complément presque nécessaire : elles devaient en effet amener à rechercher ce qui a lieu pour des végétaux plongés au milieu d'un air saturé d'humidité, ou même dans l'eau. M. Duchartre s'est occupé également de ce point intéressant dans l'histoire de la transpiration végétale[1]. Ses expériences ont été faites de diverses manières, mais principalement sur des plantes plantées dans des pots, qui étaient logés chacun dans un appareil de verre hermétiquement fermé. Pour soumettre ces sujets à l'influence d'un air saturé, on les plaçait sous une grande cloche de verre préalablement bien mouillée à l'intérieur, et dont le bord rodé reposait sur le bord également rodé d'un cristallisoir contenant de l'eau. En second lieu, quand il s'agissait de les submerger, l'appareil parfaitement clos qui contenait leur pot permettait, en inclinant fortement ou couchant même la plante, d'en plonger toute la tête feuillée dans un grand vase plein d'eau. Ces expériences ont fait connaître les faits suivants. Une atmosphère fortement chargée, même saturée d'humidité, n'arrête pas entièrement la transpiration. L'accomplissement de ce phénomène peut aussi avoir lieu sous l'eau. Dans l'un et l'autre cas, on observe une différence marquée sous le rapport des diminutions de poids qui résultent de cette déperdition pendant le jour et pendant la nuit; d'où l'on voit que la marche générale de ce grand acte physiologique reste la même, aux proportions près, pendant les deux phases de la même journée, quel que soit le milieu ambiant. Dans le cas

[1] Recherches expérimentales sur la transpiration des plantes dans les milieux humides, par M. P. Duchartre. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, V, 1858, p. 105-111.)

d'immersion sous l'eau, les plantes vivantes, entières, ayant leurs racines dans le sol, se comportent tout autrement que les branches, rameaux et feuilles détachés : les plantes vivantes transpirent, et par conséquent perdent une portion, très-faible sans doute, mais néanmoins appréciable, de leur poids; leurs portions coupées absorbent du liquide et acquièrent ainsi une augmentation de poids. Il est donc prudent de ne point appliquer aux plantes entières et vivant dans les conditions normales les conséquences déduites d'observations qui ont eu pour sujets de simples portions détachées de végétaux entiers.

Une question intéressante se rattache à l'étude de la transpiration. Lorsque, sous l'influence d'une journée chaude d'été, les plantes subissent une très-grande déperdition, la force d'absorption des racines est-elle toujours suffisante pour envoyer immédiatement aux feuilles une quantité d'eau telle que leurs pertes en soient compensées? M. Duchartre a cherché à résoudre cette question, à laquelle ses expériences l'ont amené à faire une réponse négative [1]. On pense généralement, et les traités de physiologie végétale sont catégoriques à cet égard, que, lorsque des plantes vivantes, qui ont leurs racines en terre, viennent à se faner, c'est toujours parce que, la transpiration étant très-abondante, le sol trop sec ou une interruption quelconque dans la communication entre leurs racines et leur tige les met hors d'état de réparer leurs pertes. M. Duchartre pense qu'outre cette cause de fanaison il en est une autre au sujet de laquelle il n'existait point, paraît-il, d'observations précises : c'est que, les racines ayant un pouvoir d'absorption limité, ou les conduits séveux de la tige ne transmettant, dans un temps donné, qu'une quantité déterminée de séve, il ne peut s'opérer une réparation complète des pertes subies par les feuilles. Dans ces circonstances, sous l'action d'un soleil ardent, les plantes

[1] Observations sur la fanaison et sur les causes qui la déterminent, par M. P. Duchartre. (*Journal de la Société impér. et centr. d'Horticulture*, III, 1857, p. 77-87; *Bulletin de la Société botanique de France*, IV, 1857, p. 112-116.)

se fanent quoique la terre où s'étendent leurs racines ne soit pas sèche, qu'elle puisse même être humide; mais, si l'on vient à modérer la transpiration en ombrageant ces mêmes plantes ou en les plaçant momentanément à l'obscurité, sans les arroser, on les voit bientôt reprendre la turgescence de leurs tissus et leur fraîcheur par cette seule cause, bien qu'elles continuent de perdre de l'eau par la transpiration. Au contraire, lorsqu'une plante se fane par l'effet de la sécheresse de la terre, l'ombre, l'obscurité et la fraîcheur de la nuit, même une rosée qui les couvre d'une couche d'eau, sont incapables de lui rendre sa fraîcheur, et il faut nécessairement arroser la terre pour ramener les feuilles à leur état normal. Les observations de M. Duchartre, faites avec le secours d'une bonne balance, sur un Hortensia, une Reine-Marguerite et un Soleil des jardins (*Helianthus annuus* L.), plantés chacun dans un pot que renfermait une enveloppe de verre hermétiquement fermée, fournissent des données précises pour l'un et l'autre de ces deux cas. Or, si une plante se fane au soleil, même quand ses racines plongent dans une terre humide, il faut en conclure qu'elle perd par la transpiration plus qu'elle ne reçoit, dans le même temps, par la circulation, et, par conséquent aussi, que l'absorption par les racines n'est plus en proportion de l'exhalaison aqueuse qui s'opère à la surface des feuilles.

### Art. 6. — Respiration.

Entre les plantes et l'atmosphère qui les entoure il s'opère constamment des échanges de gaz qui constituent leur respiration. Ces échanges s'opèrent de manières différentes, selon que les organes sont pourvus ou dépourvus de chlorophylle, et selon qu'ils sont soumis à l'influence de la lumière ou à celle de l'obscurité. De là les physiologistes ont distingué la respiration diurne des organes verts, caractérisée par la décomposition de l'acide carbonique, et la respiration des organes colorés, consistant en un dégagement de ce même acide carbonique, et qui est également la respiration des

parties vertes pendant la nuit. Il semble plus logique d'appeler la première respiration *chlorophyllienne*, puisqu'elle est nécessairement liée à l'existence de la chlorophylle, à ce point qu'elle a lieu même pour les organes dont la couleur apparente est autre que la verte, pourvu que leurs cellules renferment des grains de cette matière, au milieu du liquide coloré qui leur donne leur teinte générale; quant à la seconde, on peut la désigner sous le nom de respiration générale, pour ce motif qu'elle s'opère dans toutes les parties des plantes, soit constamment, soit au moins sous l'influence de l'obscurité. Celle-ci mérite seule le nom de respiration aux yeux d'un petit nombre de physiologistes de notre époque, qui voient dans la décomposition de l'acide carbonique un acte nutritif et non respiratoire.

La respiration des plantes a donné lieu à de nombreuses recherches dans ces derniers temps. Comme la détermination des matières sur lesquelles elle s'exerce, ou dont elle amène la production, ne peut être faite que par les procédés de l'analyse chimique, c'est surtout à des chimistes que sont dues ces recherches, qui ont jeté du jour sur différentes phases du phénomène, mal connues avant eux, même après les magnifiques travaux de Th. de Saussure. Pour mettre de l'ordre dans l'exposé des progrès qu'ils ont fait faire à cette partie de la science, il semble convenable d'en diviser l'ensemble d'après les diverses questions auxquelles se rapportent leurs écrits.

### § 1. Respiration diurne des organes pourvus de chlorophylle, ou respiration chlorophyllienne.

La base des connaissances actuelles sur la respiration des plantes consiste dans les belles expériences et analyses de Sénebier et de Th. de Saussure. Ces savants, justement célèbres, ont prouvé que, sous l'influence de la lumière solaire, les feuilles absorbent et décomposent l'acide carbonique de l'air, qu'elles en fixent le carbone et rejettent partiellement l'oxygène; ils ont montré aussi que,

pendant la nuit, la marche du phénomène est inverse, puisque les mêmes organes puisent dans l'atmosphère de l'oxygène, qui, avec du carbone de la plante, forme de l'acide carbonique dont l'expiration caractérise cette phase de la respiration. Mais, si la marche générale du phénomène respiratoire, relativement aux organes pourvus de grains de chlorophylle dans leur parenchyme, peut être résumée en ces termes simples, les détails en sont plus complexes; d'ailleurs ils font naître diverses questions, les unes corrélatives, les autres plus ou moins secondaires, mais néanmoins d'un grand intérêt pour l'intelligence de la végétation. C'est à l'examen de ces détails, à l'étude de ces questions que se sont attachés plusieurs de nos savants, dans le cours des vingt-cinq dernières années.

Une remarque importante à faire c'est que, à part un certain nombre d'expériences dans lesquelles M. Boussingault, M. Corenwinder, MM. Vogel et Wittwer, M. Rauwenhoff se sont attachés à maintenir les plantes observées par eux dans l'air et dans des conditions aussi peu éloignées que possible de celles où s'opère la végétation normale, on a généralement étudié les phénomènes respiratoires sur des feuilles isolées, sur des rameaux feuillés et détachés, ou sur des plantes arrachées entières, et qu'on plongeait dans des récipients de verre remplis d'eau. Presque toujours les plantes mises ainsi en expérience sont destinées par la nature à vivre ayant leurs racines dans le sol et leur tige feuillée au milieu de l'air; dès lors ces expériences les plaçaient dans un milieu qui ne leur est pas habituel, dans des conditions évidemment anormales pour elles, qui pouvaient amoindrir la légitimité des conclusions déduites des faits qu'elles avaient offerts.

Dans un mémoire intéressant à plusieurs égards, MM. Calvert et Ferrand[1] ont fait ressortir ces objections et quelques autres, que

[1] Mémoire sur la végétation, considérée sous le point de vue chimique, par MM. F.-C. Calvert et E. Ferrand. (*Comptes rendus*, XVII, 1843, p. 955-961; *Annales de Physique et de Chimie*, 3e série, XI, 1844, p. 477-502; *Annales des sciences naturelles*, 3e série, II, 1844, p. 372-380.)

soulève le mode d'expérimentation généralement adopté; pour se mettre eux-mêmes à l'abri des inconvénients qu'ils signalaient, ils ont adopté une autre méthode, qui consistait à faire une série d'analyses de l'air contenu dans certaines parties de végétaux tenant au sol, comme les gousses du Baguenaudier (*Colutea arborescens* L.), examinées à trois âges différents, et les lacunes d'un certain nombre de tiges creuses, appartenant à des plantes cultivées en pleine terre (*Heracleum*, *Archangelica*, Ricin, Dahlia, Roseau, *Leycesteria*, *Sonchus vulgaris*); l'air contenu dans ces cavités était introduit immédiatement sous des cloches pleines de mercure. Cette manière d'opérer permet évidemment d'acquérir une idée plus exacte de la marche normale de la végétation; toutefois elle n'est pas elle-même à l'abri de toute critique, car il n'est pas rigoureux de prendre la composition de l'air amassé dans de grandes cavités, par l'effet des actes respiratoires qu'accomplit le parenchyme foliaire, comme l'expression rigoureuse de ces actes mêmes.

L'analyse de l'air contenu dans les gousses du Baguenaudier, pris à divers moments de la journée et, pendant le jour, tantôt sous l'influence des rayons solaires, tantôt à la lumière diffuse d'un ciel couvert, a montré à ces deux auteurs, dans ce mélange gazeux, une proportion d'acide carbonique beaucoup plus forte que celle qui existe habituellement dans l'atmosphère; cette proportion s'est élevée jusqu'à 2,746 pour 100 dans des gousses ayant déjà leurs dimensions définitives, mais encore vertes, à onze heures de la nuit, tandis qu'elle est descendue pour elles à 1,419, à midi et au soleil. Quant à la quantité d'oxygène, elle s'est montrée, en moyenne, assez peu différente de celle qui existe dans l'air normal. L'ensemble des analyses prouve que l'air des gousses renferme toujours plus d'acide carbonique de nuit que de jour; si l'on prend pour point de départ le chiffre de la nuit, on peut suivre la diminution qui s'y opère progressivement jusqu'au moment où elle s'arrête, au milieu du jour. On voit ainsi que la force décomposante de la lumière augmente avec son intensité et avec la durée de son action, soit qu'on

suive les heures d'une même journée, belle ou sombre, soit que l'on compare les résultats donnés par un ciel entièrement couvert à ceux qui se produisent par un soleil ardent. En outre, relativement à l'âge des gousses, la réduction de l'acide carbonique est en rapport avec la force de la végétation : si l'on réunit le nombre qui exprime la quantité d'oxygène à celui de l'acide carbonique, on obtient en moyenne 23. De plus, l'acide carbonique déplace toujours de l'azote, quelquefois un peu d'oxygène; mais ce dernier cas ne se présente que lorsque la proportion d'acide carbonique est forte.

La conséquence générale que MM. Calvert et Ferrand croient pouvoir déduire de leurs observations sur le Baguenaudier, c'est que la réduction de l'acide carbonique commence, le matin, dès l'arrivée du crépuscule, et se continue pendant le jour, même sous l'influence de la lumière simplement diffuse, tandis qu'on pensait généralement avant eux que l'action directe des rayons solaires était indispensable pour qu'elle eût lieu.

Les analyses faites par ces deux chimistes de l'air contenu dans des tiges fistuleuses leur ont appris que la composition de ce gaz diffère beaucoup de celle qu'il offre dans l'atmosphère. L'acide carbonique y est en proportion beaucoup plus forte, et s'est élevée même jusqu'à 4,407 pour 100 dans l'*Arundo Donax;* quant à l'oxygène, il y existe en quantité sensiblement moindre que dans l'atmosphère. La proportion de l'un et l'autre de ces gaz y augmente pendant la nuit, tandis que l'augmentation n'avait lieu que pour l'acide carbonique dans l'air des gousses du Baguenaudier.

Enfin MM. Calvert et Ferrand ont constaté l'existence habituelle de l'ammoniaque à l'état gazeux dans l'air que contiennent les cavités des végétaux, fait qu'ils regardent comme un nouvel argument à l'appui de l'idée que l'ammoniaque de l'atmosphère contribue directement à la présence de l'azote combiné dans les plantes.

Comme les auteurs du mémoire dont il vient d'être question, MM. E. Faivre et V. Dupré se sont attachés à déterminer la composition de l'atmosphère intérieure des plantes, et surtout ils ont

tracé l'histoire des variations qu'elle subit, dans le cours de l'année, par l'effet des progrès ou du ralentissement de la végétation. Ils ont choisi le Mûrier et la Vigne comme sujets de leurs recherches. Les résultats de leurs expériences ont été exposés par eux dans un mémoire qui a été déjà résumé plus haut, quant à ses parties relatives à la circulation (voyez p. 146). En recueillant les gaz, au moyen d'injections mercurielles et les analysant avec soin, ils ont pu constater plusieurs faits intéressants, dont voici l'exposé succinct :

La quantité des gaz intérieurs varie, dans les plantes, selon les parties que l'on considère. En général, et toutes choses égales d'ailleurs, la racine en renferme plus que la tige; les rameaux en contiennent d'autant plus que leur végétation est plus active et qu'ils sont eux-mêmes plus gros; les extrémités encore herbacées des jeunes pousses, ainsi que les entre-nœuds, n'en offrent que de faibles quantités; mais, dans ces différentes parties de l'axe végétal, la présence de gaz est constante et normale. La composition de ces gaz subit des variations notables aux différentes époques de l'année et en raison des diverses phases de la végétation. Pendant la période d'inactivité, l'acide carbonique n'y entre qu'en proportion très-faible, presque inappréciable, tandis que l'oxygène y existe en quantité presque égale à celle que renferme l'air atmosphérique normal. Le contraire a lieu pendant la période d'activité, et, à mesure que la végétation devient plus énergique, la proportion d'acide carbonique augmente en même temps que celle d'oxygène diminue. Pendant la période végétative, les racines renferment moins d'oxygène et plus d'acide carbonique que les rameaux examinés dans les mêmes circonstances. Dans ces différents cas, il y a rapport inverse entre l'acide carbonique et l'oxygène, et en faisant la somme des quantités de ce dernier gaz, qui existent tant à l'état libre qu'en combinaison dans le gaz acide, on obtient un chiffre à peine supérieur à celui de l'oxygène qui entre dans la formation de l'atmosphère.

C'est encore pour se mettre à l'abri des objections qui ont été

élevées contre les expériences sur la respiration faites avec des portions de plantes plongées dans l'eau, que MM. Cloëz et Gratiolet ont choisi des sujets qui vivent naturellement dans ce liquide, et pour lesquels, par conséquent, ce n'était pas changer l'état normal que de les submerger. Les résultats qu'ils ont ainsi obtenus offrent un grand intérêt, bien qu'on ne puisse nier que les *Potamogeton*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum* et *Naias*, sur lesquels ont porté leurs observations, n'offrent, comparativement avec les espèces qui vivent au milieu de l'air atmosphérique, des différences de structure qui peuvent influer, dans une certaine mesure, sur l'action physiologique. Leur mémoire[1] fournit des données précieuses pour la solution de plusieurs questions. Le premier fait qu'ils aient mis en évidence est l'abondance du dégagement gazeux qu'opèrent les plantes aquatiques placées dans l'eau, au soleil. Cette abondance est telle, que six tiges de *Potamogeton perfoliatum*, portant 143 feuilles et ayant 160 centimètres cubes de volume, ont produit, en dix heures, 2 litres 35 de gaz, c'est-à-dire près de quinze fois leur propre masse. Ce gaz était, en majeure partie, de l'oxygène, puisque sur 100 parties il comprenait 87,50 d'oxygène, 11,25 d'azote et 1,25 d'acide carbonique.

Mais ce n'était là qu'une observation en quelque sorte préliminaire, qui du reste a pu être répétée plusieurs fois en conduisant toujours à des résultats analogues. Pour lui donner plus de valeur et de signification, MM. Cloëz et Gratiolet ont cherché à déterminer l'influence qu'exercent sur cette production d'oxygène peu mélangé la lumière solaire et la température. Pour la lumière, une observation très-simple leur montrait qu'elle agit en raison de son intensité; un simple nuage, même léger, en jetant momentanément son ombre sur les appareils qui renfermaient les plantes, ralentissait aussitôt le dégagement gazeux, qui reprenait toute son

[1] Recherches expérimentales sur la végétation des plantes submergées, par MM. S. Cloëz et P. Gratiolet. (*Annales de Physique et de Chimie*, 3e série, XXXII, 1851, p. 40-68; *Comptes rendus*, XXXI, 1850, p. 626-629.)

activité dès que le ciel se découvrait de nouveau. En plaçant devant ces mêmes appareils des écrans plus ou moins épais, ils ont confirmé cette première donnée : dès que l'écran interceptait les rayons solaires, la production de gaz se ralentissait, pour devenir bientôt insensible ; mais elle recommençait instantanément aussitôt qu'on laissait le soleil éclairer de nouveau la plante. La pureté de l'oxygène ainsi dégagé au soleil dépend de l'intensité de la lumière et aussi de la quantité d'acide carbonique en dissolution dans l'eau. A cette influence de l'intensité lumineuse se rattache celle des différents rayons colorés qui par leur réunion composent la lumière blanche. En plaçant les flacons qui renfermaient les plantes à l'intérieur de sortes de cages formées avec des verres incolores et transparents dans un cas, incolores et dépolis dans un second, jaunes, rouges, verts, bleus, dans d'autres, nos deux observateurs ont reconnu que le volume du gaz dégagé et la richesse de ce gaz en oxygène vont en décroissant d'après l'ordre suivant des verres employés : verre incolore dépoli, jaune, incolore transparent, rouge, vert, bleu. La proportion de l'azote contenu dans ce même gaz va, au contraire, en croissant dans le même ordre.

En recherchant l'influence de la lumière sur la respiration chlorophyllienne, MM. Cloëz et Gratiolet ont été amenés à examiner l'action de la privation de lumière ou de l'obscurité. Les résultats que leur ont donné leurs expériences sont en contradiction avec les idées introduites dans la science par Ingen-Housz, selon lesquelles les plantes vicient l'air pendant la nuit, en y rejetant de l'acide carbonique. Ils ont constaté, au contraire, que les plantes aquatiques, plongées dans une eau aérée, ne donnent point de gaz acide, à l'obscurité ; mais il est évident que ce ne peut être là qu'un fait spécial à cette catégorie de végétaux, puisque le dégagement nocturne d'acide carbonique a été parfaitement prouvé pour les plantes non aquatiques.

L'influence de la température sur la production d'oxygène, au soleil, a présenté une différence curieuse, selon que la chaleur allait

en augmentant ou en diminuant. Dans le premier cas, le dégagement de gaz oxygéné a été nul de + 4° cent. jusqu'à + 15° cent.; à ce dernier degré, quelques bulles ont apparu. L'intensité du phénomène est devenue ensuite de plus en plus grande jusqu'à + 30°, qui a marqué son maximum. Lorsque la température à laquelle les plantes étaient soumises a suivi une marche descendante, le gaz s'est dégagé en abondance, à partir de +30°; il s'est produit ensuite de plus en plus lentement; mais il sortait encore avec assez d'activité à + 15°, et il n'a cessé de se montrer qu'à +10°.

On vient de voir que l'oxygène dégagé par les feuilles au soleil est mélangé d'azote en quantité inversement proportionnelle à la sienne propre; cette quantité peut même devenir considérable. Il était naturel de se demander quelle est l'origine de cet azote. En observant des plantes aquatiques après qu'elles étaient restées six jours dans de l'eau non aérée, mais légèrement imprégnée d'acide carbonique, et en les analysant comparativement à d'autres individus de la même espèce qui venaient d'être retirés de la Seine, MM. Cloëz et Gratiolet ont trouvé, dans les derniers 5,23 pour 100 d'azote, dans les premières 3,74 pour 100 seulement du même corps simple; d'où il leur semble démontré que la portion du gaz dégagé par les feuilles, à la lumière, qui consiste en azote, a été produite aux dépens de la substance même des plantes. En outre, leurs observations les ont amenés à dire que, d'une part, l'azote, de l'autre, les sels dissous dans les eaux naturelles, ont une part nécessaire au dégagement de l'oxygène qui résulte de la décomposition de l'acide carbonique par les parties vertes, mais que leur action est seulement indirecte et consiste à donner aux végétaux certains éléments nécessaires à la continuation de leur existence.

Il y aurait intérêt à savoir par où les feuilles opèrent leurs inspirations de gaz, particulièrement d'acide carbonique. Un dépôt de carbonate de chaux qui s'était formé à la face supérieure de toutes les feuilles, surtout jeunes, de plusieurs pieds de *Potamogeton perfoliatum* et *crispum*, quelle que fût leur situation, lorsqu'ils

étaient placés dans un bassin du Jardin des Plantes, ont semblé à nos deux auteurs fournir la preuve de ce fait, que l'absorption se fait par la face supérieure des feuilles. En effet, le carbonate de chaux étant tenu en dissolution dans l'eau par un excès d'acide carbonique, si les feuilles enlèvent cet excès pour l'absorber, elles détermineront par cela même le dépôt du sel.

Enfin l'oxygène qui résulte de la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles des plantes submergées ne se rend pas immédiatement au dehors; il s'amasse dans les méats intercellulaires des nervures et des tiges, et il se porte ainsi constamment des feuilles vers les racines. Il y a donc un courant descendant de ce gaz, du sommet des tiges vers les racines; même MM. Cloëz et Gratiolet se montrent disposés à admettre que ce gaz, sortant des racines pour agir sur les détritus organiques oxydables qui les entourent, peut ainsi entretenir à portée de celles-ci une source constante d'acide carbonique.

Les principaux de ces faits reconnus sur des plantes qui vivent submergées dans l'eau douce avaient été constatés aussi, plusieurs années auparavant, sur des Algues, que la nature a organisées pour vivre au fond de la mer. C'est à Aimé, professeur de physique à Alger, qu'on doit, sur ces dernières, des observations[1] qu'il suffira d'indiquer ici en quelques mots, pour montrer la généralité des lois qui président à la respiration végétale, les Cryptogames qui en ont été l'objet n'étant point comprises dans le cadre de ce Rapport.

Ce physicien avait été frappé de l'abondance avec laquelle les plantes marines vertes dégagent du gaz, sous l'influence de la lumière solaire. Il avait vu en effet se former ainsi, pendant les beaux jours de l'été, une sorte d'écume à la surface de la mer, et, lorsqu'il avait songé à recueillir ce gaz, il lui avait suffi, pour en obtenir un litre, d'agiter les plantes réparties sur une surface de moins d'un mètre carré. L'analyse ne tarda pas à lui apprendre que la

[1] Note sur les gaz dégagés par les plantes marines, par Aimé. (*Annales de Physique et de Chimie*, 3e série, II, 1841, p. 535-538.)

composition de ce gaz variait beaucoup, ainsi que sa quantité, selon l'heure de la journée à laquelle on l'examinait, et que celui qui se dégageait sous l'influence de la lumière solaire, ou le gaz de jour, comme il l'appelle, était richement oxygéné. En le prenant avant le coucher du soleil, il y avait trouvé 55 parties d'oxygène pour 45 d'azote sur 100, tandis que les bulles qu'il avait ramassées de grand matin, avant le lever du soleil, étaient de l'air atmosphérique pur et simple, comprenant 21 parties d'oxygène avec 79 d'azote. D'un autre côté, ayant observé qu'il se produisait aussi des bulles gazeuses dans l'intérieur même de ces Algues, il en fit l'analyse, et il reconnut ainsi que cette atmosphère intérieure subissait des variations correspondantes à celles du gaz dégagé superficiellement, mais qu'elle était toujours moins riche en oxygène; ainsi, le matin, avant le lever du soleil, ce gaz intérieur était formé de 17 parties d'oxygène pour 83 d'azote, et dans le jour, avant le coucher du soleil, il contenait 36 parties d'oxygène pour 64 d'azote. Aimé s'est aussi assuré, par des expériences directes, que les Algues décomposent l'acide carbonique à la lumière, et qu'elles produisent une quantité notable de ce gaz à l'ombre ou à l'obscurité; il a donc, au total, prouvé que les phénomènes respiratoires se passent pour elles dans le sein des mers, comme pour les plantes qui vivent dans les eaux douces, comme pour celles dont les feuilles flottent au milieu de l'air.

Pendant que MM. Cloëz et Gratiolet réunissaient les éléments du travail important qui vient d'être analysé, M. Garreau, de Lille, s'occupait, de son côté, de la respiration végétale. Les résultats de ses recherches ont été publiés par lui en 1851, dans deux mémoires qui se sont succédé à quelques mois d'intervalle et dont l'un forme le complément ou la suite de l'autre[1]. Les recherches de cet observateur ont eu d'abord pour résultat de confirmer l'exactitude des

[1] De la respiration chez les plantes, par M. Garreau. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, XV, 1851, p. 5-36, pl. 1.) — Nouvelles recherches sur la respiration des plantes, par le même. (*Ibid.* XVI, 1851, p. 271-292.)

énoncés fort antérieurs de Th. de Saussure relativement à la marche de la respiration pendant le jour et pendant la nuit; mais, ce point lui paraissant solidement établi dans la science, il passe sous silence les faits et les observations sur lesquels il aurait pu, au besoin, en appuyer la démonstration. Ses mémoires ont donc pour objet principal l'exposé d'une particularité découverte par lui et sur laquelle il base une nouvelle manière de considérer les phénomènes respiratoires. Cette particularité est que les feuilles, soit fixées à une plante vivante, soit détachées, font, pendant le jour, à l'ombre et par les temps sombres, des inspirations d'oxygène qu'elles transforment, dans ces conditions, en acide carbonique. Ce gaz acide est expiré par elles en quantité d'autant plus considérable qu'elles sont soumises à une lumière moins intense. Un abaissement de température diminue d'abord et arrête ensuite cette expiration. Les parties vertes des plantes submergées se comportent, à cet égard, comme celles des espèces aériennes, au moins entre certaines limites de température, et avec cette différence qu'elles produisent une moindre quantité de gaz acide. L'expiration est d'autant plus abondante que les plantes sont plus riches en matières protéiques vivantes et que leurs organes offrent une surface plus étendue relativement à leur masse. L'acide carbonique, qui s'est formé par la respiration des organes verts peu riches en matières azotées vivantes, est particulièrement expiré à l'ombre et par les temps sombres; il paraît être entièrement décomposé pendant les jours sereins; c'est ce qui a lieu pour les feuilles; au contraire, les organes richement dotés de ces mêmes matières azotées, comme les fruits verts, ne réduisent l'acide carbonique, formé par elles, que partiellement, quelles que soient les conditions de lumière dans lesquelles on les place. L'acte chimico-vital de la respiration se passe, ajoute M. Garreau, dans la matière azotée vivante, puisqu'il cesse avec la vie de celle-ci.

Rappelons que, dans un mémoire antérieur d'une année, qui a été cité plus haut (voyez p. 165), le même savant s'était exprimé en

termes qui ajoutent une condition de plus, celle de la chaleur, comme déterminant le dégagement diurne d'acide carbonique, et qu'il avait même admis que ce phénomène avait lieu également au soleil. Il avait dit, en effet, «que les feuilles, comme cela était admis, n'expirent point d'acide carbonique le jour, à l'ombre ou au soleil, à une température modérée; mais que l'exhalation de ce gaz se fait, en petite quantité, sous l'influence solaire accompagnée d'une forte chaleur.» Il avait indiqué aussi une relation remarquable entre cette expiration d'acide carbonique et la transpiration, puisque, selon lui, les feuilles ou les faces des feuilles qui exhalent le plus d'eau sont aussi celles qui expirent le plus de gaz acide; enfin il avait cru reconnaître un rapport plus direct entre la quantité de ce gaz expirée par la plante et le nombre des stomates qu'entre la proportion d'eau exhalée et le nombre de ces mêmes orifices.

Ainsi, aux yeux du savant chimiste de Lille, la respiration des plantes ne diffère pas, du moins en apparence, eu égard à ses phénomènes les plus appréciables, de celle des animaux, et cette respiration animale s'opère, avec plus ou moins d'intensité, dans tous les organes verts ou colorés, de jour comme de nuit. Les feuilles en particulier expirent de l'acide carbonique pendant le jour, au soleil et à l'ombre, et cette expiration est d'autant plus considérable pour elles que la température est plus élevée. Or, comme ces mêmes organes ont pour fonction essentielle de puiser dans l'atmosphère, pendant le jour, de l'acide carbonique qu'elles décomposent, dans la profondeur de leurs tissus, pour en fixer le carbone, élément essentiel de l'accroissement du végétal, il en résulte qu'elles offrent simultanément deux phénomènes inverses : l'un respiratoire, amenant pour l'organisme une perte par oxydation ou combustion du carbone; l'autre nutritif, ayant pour conséquence une augmentation de substance due à la décomposition ou réduction de l'acide carbonique puisé dans l'atmosphère. Si ces deux actes inverses étaient produits avec la même énergie, le vé-

gétal ne s'accroîtrait pas; mais il y a toujours prédominance marquée de l'action réductrice, ainsi que le montrent les chiffres comparatifs consignés par M. Garreau dans l'un de ses tableaux; par suite, l'organisme reçoit beaucoup plus de carbone qu'il n'en perd, et par là s'explique sa croissance.

Cette théorie nouvelle de la végétation est très-séduisante; mais peut-être n'est-elle pas encore basée sur des faits assez nombreux ni assez inattaquables pour devoir prendre définitivement rang dans la science. Même un savant physiologiste allemand, M. J. Sachs, quoique partageant, dans une certaine mesure, les idées de M. Garreau sur ce sujet, a fait observer avec raison que les expériences prises par ce dernier observateur comme base de sa théorie peuvent bien n'être pas complétement démonstratives, pour ce motif qu'une couche d'eau de baryte, occupant le fond du récipient dans lequel les plantes étaient enfermées, a bien pu amener la sortie d'une certaine quantité d'acide carbonique tout formé dans les feuilles, qui, sans cela, ou aurait été réduit, ou n'aurait été expulsé que pendant la nuit.

Quoi qu'il en soit à cet égard, il est constant que l'acte essentiel qui caractérise la respiration des feuilles pendant le jour consiste dans un dégagement d'oxygène, et des expériences aussi nombreuses que démonstratives ont établi que ce dégagement est corrélatif de la réduction de l'acide carbonique absorbé par ces organes. Toutefois cette corrélation a été niée par un petit nombre de physiologistes modernes, qui ont cru pouvoir assigner une autre origine à l'oxygène expiré par les organes verts sous l'influence de la lumière solaire. En particulier, un savant allemand M. C.-H. Schultz, a exposé une théorie déduite par lui de nombreuses recherches expérimentales, d'après laquelle l'oxygène expiré proviendrait de la décomposition de substances diverses, mais surtout d'acides variés que celles-ci renferment, et au nombre desquels ne se trouverait jamais l'acide carbonique. Un peu antérieurement, M. Scheidweiler avait publié en Belgique divers écrits

dans lesquels il avait nié que l'acide carbonique intervînt dans la nutrition des plantes dont les véritables aliments consisteraient, d'après lui, dans les sels que les racines empruntent au sol.

Une coïncidence heureuse fit qu'au moment où M. C.-H. Schultz publia les deux mémoires dans lesquels il exposait sa théorie, M. Boussingault s'occupait, à Liebfrauenberg, en Alsace, de recherches sur la respiration végétale. Déjà, pendant l'été de 1840, ce savant éminent, dont les travaux ont jeté beaucoup de jour sur plusieurs questions de la physiologie des plantes considérée dans ses rapports avec la chimie, avait fait la première expérience qui ait montré qu'un végétal vivant (Vigne) diminue, pendant le jour, la proportion d'acide carbonique dans l'air atmosphérique mis en contact avec ses feuilles, même pendant un passage assez rapide, et qu'il augmente au contraire la proportion de ce même gaz pendant la nuit; il fut donc conduit à rechercher expérimentalement s'il y avait quelque chose de fondé dans les idées de M. C.-H. Schultz. Trois expériences, faites[1] à la fin de septembre et le 1er octobre 1844, lui montrèrent que des feuilles fraîches de Pêcher, tenues pendant quelques heures sous l'influence de la lumière solaire, comparativement, les unes dans de l'eau soit pure, soit additionnée de divers acides ou de sucre, de phosphate d'ammoniaque, les autres dans de l'eau imprégnée d'acide carbonique, se comportent de deux manières entièrement différentes : tandis que les premières ne dégagent pas d'oxygène ou n'en donnent qu'une quantité insignifiante, les autres en émettent, pendant le même espace de temps, un volume considérable, qui s'est élevé, pour chacune d'elles, jusqu'à 4,5 centimètres cubes. « Je n'ai pu réussir, dit-il, à constater un dégagement d'oxygène, en soumettant des feuilles fraîches, exposées au soleil, à l'action des dissolutions renfermant les proportions indiquées (par M. C.-H. Schultz) d'acides organiques ou inorganiques, de sucre, etc.; tandis qu'exactement dans les mêmes con-

[1] Sur la respiration des plantes; extrait d'une lettre de M. Boussingault à M. Dumas. (*Comptes rendus*, XIX, 1844, p. 945-948.)

ditions de température, de lumière et d'appareils, j'ai vu constamment les mêmes feuilles déterminer rapidement une émission d'oxygène quand elles étaient plongées dans de l'eau imprégnée d'acide carbonique. » Il n'y a donc aucun motif pour admettre comme fondée la théorie de M. C.-H. Schultz.

Depuis l'époque à laquelle remontent ces expériences, M. Boussingault s'est livré, avec une remarquable persévérance, à l'étude des rapports qui existent entre les feuilles et l'atmosphère. Diverses questions, qui rentrent dans le cadre général de cet important sujet, ont été examinées par lui avec une rigoureuse attention, et les résultats auxquels ces recherches l'ont conduit ont été exposés dans une nombreuse série de mémoires. Parmi ces travaux, plusieurs sont relatifs à différentes circonstances qui accompagnent ou influencent la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles; ce sont ceux dont il doit être maintenant question. Les autres reviendront nécessairement sous la plume, lorsqu'il s'agira des points spéciaux auxquels ils se rapportent dans l'histoire générale de la respiration.

1° Et d'abord, puisque les plantes végètent au milieu de l'atmosphère dans laquelle quatre ou cinq dix-millièmes seulement d'acide carbonique sont mélangés à la masse de l'air, par conséquent à une forte proportion d'oxygène, on en vient à se demander si la présence de ce dernier gaz ne facilite pas l'accomplissement de l'acte respiratoire, si même elle n'est pas essentielle pour que celui-ci s'effectue. Les expériences de Th. de Saussure pourraient faire répondre affirmativement à cette question. D'un autre côté, elles ont montré que les plantes, si elles prospèrent dans un air mélangé d'un douzième, tout au plus d'un huitième d'acide carbonique, souffrent quand ce dernier gaz devient plus abondant, et périssent lorsqu'il vient à leur être présenté seul et sans mélange. M. Boussingault a voulu vérifier expérimentalement si, en effet, le mélange d'oxygène est nécessaire pour la respiration, et si par conséquent les feuilles cessent de remplir leur fonction, à la lumière, dans une atmosphère

d'acide carbonique pur[1]. Une première série d'expériences, qui ont eu pour objet des feuilles de Laurier-Cerise (*Prunus Laurocerasus* L.), de Laurier-Rose (*Nerium Oleander*, L.) et de Chêne, semblait montrer que les parties vertes des végétaux, exposées au soleil, peuvent décomposer l'acide carbonique non mélangé d'oxygène au commencement de l'expérience, mais qu'elles n'agissent alors sur ce gaz que lentement et graduellement; en effet, pour des feuilles semblables placées en même temps, dans les mêmes conditions de lumière et de température, les unes dans de l'acide carbonique pur, les autres dans un mélange de ce gaz et d'air, les volumes d'acide décomposé ont été le plus souvent dans le rapport de un à cinq; c'est ainsi, par exemple, qu'une feuille de Chêne enfermée dans du gaz acide pur, pendant quatre heures, au soleil, en a décomposé 4,9 centimètres cubes pour expirer 4 centimètres cubes d'oxygène; tandis qu'une autre, placée dans un mélange de 37,7 centimètres cubes d'acide carbonique et de 48,3 centimètres cubes d'air atmosphérique, contenant 10,1 centimètres cubes d'oxygène, a décomposé, dans les mêmes conditions, 25 centimètres cubes du premier, qu'elle a remplacés par 24,7 centimètres cubes du dernier. Toutefois une difficulté sérieuse s'est offerte à l'esprit de notre ingénieux expérimentateur. Il avait constaté que cette décomposition du gaz acide, placé pur en contact avec les feuilles, est d'abord extrêmement lente; qu'elle s'active ensuite, et que, finalement, au bout de huit ou dix heures d'expérience, elle s'opère aussi rapidement que si de l'air était primitivement entré dans la composition de l'atmosphère artificielle; il a pensé, dès lors, que cette accélération de l'action réductrice pouvait tenir à ce que la feuille, au moment où on la place dans l'acide carbonique pur, contient, entre les cellules de son parenchyme, une certaine quantité de gaz ou une atmosphère latente qui ne tarde pas à venir se mêler, par diffusion, à l'atmosphère artificielle. Pour peu que cet

[1] Étude sur les fonctions des feuilles, par M. Boussingault. (*Comptes rendus*, LX, 1865, p. 872-880.)

air intérieur renferme d'oxygène, celui-ci pourra déterminer la décomposition d'une égale quantité de gaz acide, qui donnera lieu à l'émission d'une nouvelle quantité d'oxygène, et ainsi de suite. Toutefois M. Boussingault avait reconnu antérieurement que l'atmosphère latente des feuilles ne renferme pas d'oxygène libre et se compose uniquement d'azote avec de l'acide carbonique; « ce ne serait donc pas, dit-il, par une très-faible quantité d'oxygène, que les feuilles qu'on y introduirait souilleraient une atmosphère d'acide carbonique, mais par une très-faible quantité d'azote. Il faut donc que le mélange à l'acide carbonique d'une très-faible quantité d'azote, ou même de tout autre gaz, favorise la décomposition de cet acide, sous l'influence de la lumière, absolument comme le ferait l'oxygène lui-même, et que dès lors ces gaz, évidemment inertes pour la plante, exercent une action purement mécanique en écartant les molécules du gaz à décomposer, et en produisant ainsi sur lui un effet analogue à celui qu'amènerait un changement de pression. » Or cette conjecture a été reconnue fondée à la suite de trois expériences dans lesquelles des feuilles de Laurier-Cerise, ayant été placées au soleil pendant six et sept heures, dans une atmosphère composée de 26,6, 27,9, 29,3 centimètres cubes d'acide carbonique et de 46,5 centimètres cubes d'azote, 59,2, 55,6 centimètres cubes d'hydrogène, ont décomposé 25,5, 25,9 et 27,4 centimètres cubes d'acide carbonique. Au total, M. Boussingault conclut de cet ensemble d'expériences que les feuilles exposées au soleil dans de l'acide carbonique pur ne décomposent pas ce gaz, ce qui confirme l'opinion de Th. de Saussure, ou que, si elles le décomposent, c'est avec une extrême lenteur; que, d'un autre côté et par opposition, ces mêmes organes placés dans un mélange d'air atmosphérique et d'acide carbonique, également au soleil, décomposent rapidement ce dernier gaz, sans toutefois que le premier paraisse intervenir dans le phénomène autrement que d'une manière mécanique et au même titre que peuvent le faire d'autres substances gazeuses évidemment inertes dans ce cas, comme, par

exemple, l'azote et l'hydrogène. Cette curieuse nécessité de la présence d'un gaz inerte au milieu du gaz actif, dont il écarte les molécules, trouve une analogie remarquable dans les phénomènes offerts par le phosphore, qui ne brûle pas et n'émet pas de lumière dans l'oxygène pur, tandis qu'il le fait en devenant lumineux dans un mélange d'oxygène et d'air.

2° La réduction de l'acide carbonique par les feuilles sous l'influence de la lumière étant un fait d'une importance capitale pour la végétation, il y avait un intérêt scientifique plutôt que physiologique à reconnaître si l'action de ces organes pourrait s'exercer également sur l'oxyde de carbone. M. Boussingault a fait[1], pour s'éclairer à cet égard, des expériences qui lui ont donné des résultats négatifs, aussi bien que pour l'hydrogène protocarboné; mais en même temps il a appris ainsi que ces deux gaz déterminent, par leur présence, la décomposition de l'acide carbonique pendant le jour, comme on a déjà vu que le font l'azote et l'hydrogène. « L'inertie du gaz oxyde de carbone à l'égard des parties vertes des plantes corrobore, dit-il à ce propos, l'opinion qui admet que les feuilles décomposent simultanément de l'eau et de l'acide carbonique qu'elles transforment en oxyde de carbone. »

3° Quelle est la limite de la faculté que possèdent les feuilles de décomposer l'acide carbonique à la lumière? M. Boussingault a cherché la réponse à cette question intéressante dans une nombreuse série d'expériences dont il a consigné les résultats dans la deuxième partie de son *Étude sur les fonctions des feuilles*[2]. Il a constaté d'abord que des feuilles de Laurier-Rose (*Nerium Oleander* L.), détachées de la plante après le coucher du soleil et maintenues, pendant vingt-quatre heures, soit à l'air libre et le pétiole dans l'eau, soit dans un volume limité d'air et à l'ombre ou à l'obscurité, ne perdaient point, pendant cet espace de temps, la faculté de décomposer l'acide carbonique. Faisons observer que la limite de la

[1] Étude sur les fonctions des feuilles, par M. Boussingault. (*Comptes rendus*, LXI, 1865, p. 493-495.) — [2] Même mémoire, p. 495-502.

faculté décomposante des feuilles pouvait être déterminée à deux points de vue différents : 1° quant au temps pendant lequel elle se conserve dans des feuilles détachées, mais conservées vivantes; 2° quant à la quantité de gaz acide dont elle peut déterminer la décomposition. Les expériences rapportées par M. Boussingault fournissent de précieuses données sous ces deux rapports. Comme elles ont été faites toutes sur des feuilles de Laurier-Rose (*Nerium Oleander* L.), elles nous montrent qu'il peut y avoir des différences fort notables pour une même espèce. En effet, tandis que, dans certains cas (expér. 11, *loc. cit.* p. 498-499), une feuille cueillie après le coucher du soleil, et conservée fraîche pendant la nuit, ne décomposait plus le gaz acide après être restée exposée à la lumière solaire pendant une journée, de huit heures du matin à cinq heures du soir, une autre, ayant été cueillie le 10 juillet, à huit heures du matin, puis conservée à l'obscurité, dans un flacon plein d'air, jusqu'au 14, a réduit l'acide carbonique pendant trois journées consécutives, dans la proportion de 33,7 centimètres cubes le premier jour, de 23,7 centimètres cubes le second, de 9,3 centimètres cubes le troisième. Le volume du gaz décomposé a varié tout autant; car, tandis qu'il a été de 0,89 centimètre cube dans le premier cas, (et même seulement de 0,86 centimètre cube pour une autre feuille), il s'est élevé à 1,50 centimètre cube dans le dernier, toujours par centimètre carré de surface foliaire. On ne peut même affirmer, pour cette dernière expérience comme pour la plupart des autres, que, lorsqu'elle a été terminée, la faculté de décomposition fût rigoureusement éteinte. La moyenne des résultats indiqués par notre savant auteur est de 1,18 centimètre cube de gaz acide décomposé par centimètre carré de feuille. Ajoutons que, d'après d'autres observations consignées dans la seconde partie du même mémoire, lorsque ces feuilles sont enfermées dans un vase plein d'air atmosphérique maintenu constamment respirable, et dans des conditions telles que leur eau de végétation leur soit enlevée le moins possible, elles conservent la faculté de décomposer

l'acide carbonique pendant un temps qui a été une fois de quatorze jours, et dont le terme n'a pas été encore déterminé. Il doit toujours être entendu que ces données s'appliquent uniquement à l'espèce qui a servi de sujet pour les expériences dont il vient d'être question, espèce assez exceptionnelle par la consistance et la structure de ses feuilles, que recouvre un épiderme à trois ou quatre couches de cellules intimement cohérentes entre elles.

4° Pour que les feuilles conservent entière pendant plus ou moins longtemps leur faculté naturelle de décomposer l'acide carbonique, il faut que, pendant le temps qui s'écoule entre le moment où elles ont été détachées de la plante et celui où on les met en expérience dans l'atmosphère artificielle additionnée d'acide carbonique, elles soient garanties de toute dessiccation; car les expériences faites par M. Boussingault[1] lui ont appris, contrairement à ce qu'il pensait auparavant, que l'activité réductrice de ces organes diminue à mesure que leurs tissus se dessèchent, et qu'elle a complétement disparu dans ceux dont la dessiccation est absolue. Le petit tableau suivant donne de la manière la plus significative la démonstration de ce fait; les données qu'il réunit ont été fournies par des feuilles de Laurier-Rose (*Nerium Oleander* L.).

| | Eau retenue. | Acide carbonique décomposé. |
|---|---|---|
| Feuille normale................ | $0^{gr},60$ | $15^{cc},9$ |
| Dessiccation commencée.......... | 0 ,365 | 10 ,8 |
| Dessiccation avancée............ | 0 ,29 | 2 ,9 |
| Dessiccation absolue............ | 0 ,00 | 0 ,0 |

Cette mort des feuilles desséchées est attribuée par notre savant auteur à ce qu'elles cessent alors de respirer, et non à une altération des cellules qui en sont la partie essentiellement active; en effet, il a reconnu que ces organes sont tués lorsqu'on suspend leur respiration pendant quelque temps, sans rien altérer dans leur constitution intime; ce qu'ils subissent alors est analogue à

[1] Même mémoire, p. 503-506.

l'asphyxie des animaux; aussi M. Boussingault n'hésite-t-il pas à emprunter ce mot à la physiologie animale, pour en faire l'application à la physiologie des plantes.

5° Si les feuilles décomposent l'acide carbonique et rejettent de l'oxygène à la lumière solaire, elles produisent un effet inverse pendant l'obscurité, puisqu'elles inspirent alors de l'oxygène qui, en se combinant avec leur carbone, donne lieu à une production et une expiration d'acide carbonique. Quel rapport existe-t-il entre le volume de cet acide qui est décomposé pendant le jour et celui qui est exhalé pendant la nuit? Cette question se relie directement à l'explication de la nutrition végétale; car, si le gain en carbone que fait une plante à la lumière était égal à la perte qu'elle éprouve pendant l'obscurité de la nuit, l'accroissement ne pourrait avoir lieu par cette cause; si, au contraire, cette même plante acquiert beaucoup plus de carbone par sa respiration diurne qu'elle n'en perd par l'effet de sa respiration nocturne, cette différence nous rendra compte de l'augmentation constante qu'elle éprouve dans la masse de son principal élément constitutif. Or c'est ce dernier cas qui a lieu, comme des expériences concluantes de M. Boussingault sont venues le démontrer de nouveau[1]. A surfaces égales et pour des temps égaux, une feuille à la lumière décompose beaucoup plus d'acide carbonique qu'elle n'en forme dans l'obscurité. Dix-huit expériences faites par ce savant, entre le 30 juin et le 27 août, dans les circonstances les plus favorables et dans des atmosphères riches en acide carbonique, ont montré que, pour le Laurier-Rose (*Nerium Oleander* L.), la décomposition diurne d'acide carbonique s'élève, en moyenne, à 1 litre 108 par mètre carré de surface foliaire. Le maximum a été de 2 litres 22, le minimum de 0 litre 82. Dans l'obscurité, les mêmes feuilles ont donné, comme moyenne de quatre expériences, une production de 0 litre 07 seulement de gaz acide. Le maximum a été de 0 litre 085; le

[1] Sur les fonctions des feuilles, 2e partie, par M. Boussingault. (*Comptes rendus*, LXI. 1865, p. 605-613.)

minimum de 0 litre 063. Ces résultats sont parfaitement démonstratifs; on peut seulement craindre que les nombres qui expriment la décomposition opérée pendant le jour ne soient quelque peu exagérés, par ce motif que les feuilles qui les ont fournis avaient été placées dans des atmosphères plus riches en acide carbonique que ne l'est l'air normal, et par conséquent dans des conditions exceptionnellement favorables.

6° Les animaux périssent par asphyxie lorsqu'ils séjournent dans une atmosphère dépourvue d'oxygène libre; M. Boussingault a reconnu qu'il en est de même pour les plantes, auxquelles un séjour plus ou moins prolongé dans l'acide carbonique, l'hydrogène, ou tout autre gaz non respirable, enlève, d'abord en grande partie, puis en totalité, l'aptitude à décomposer l'acide carbonique sous l'influence de la lumière solaire. Les expériences rapportées à ce sujet[1] dans son mémoire permettent de suivre les progrès de cette asphyxie pour les feuilles du Laurier-Cerise (*Prunus Laurocerasus* L.) et du Laurier-Rose (*Nerium Oleander* L.). Ainsi une feuille de la première de ces deux espèces, prise pour terme de comparaison, qui avait 36 centimètres carrés de surface, ayant été exposée au soleil dès le moment où elle avait été cueillie, à neuf heures du matin, jusqu'à trois heures de l'après-midi, dans une atmosphère composée de 56,7 centimètres cubes d'air additionné de 28,9 centimètres cubes d'acide carbonique, a décomposé 18,7 centimètres cubes de ce dernier gaz. Une feuille semblable, après avoir été tenue pendant vingt-quatre heures dans de l'acide carbonique, à l'obscurité, n'a plus décomposé que 1,5 centimètre cube de gaz acide, lorsqu'elle a été ensuite exposée au soleil, pendant le même espace de temps que la première et dans une atmosphère artificielle de composition analogue. L'asphyxie était donc assez avancée pour que la faculté de décomposer l'acide carbonique fût presque détruite en elle. Cette même faculté avait été entièrement abolie, dans une autre

[1] Même mémoire, 2e partie, p. 608-613.

feuille de la même espèce, par un séjour de soixante-douze heures dans une atmosphère d'acide carbonique, à l'obscurité. Il en a été de même pour des feuilles de Laurier-Rose qui avaient été enfermées, pendant neuf jours, dans une éprouvette fermée, contenant 120 centimètres cubes d'air atmosphérique. Après avoir consommé tout l'oxygène de cet air, elles se sont trouvées dans une atmosphère d'azote qui les a mises complétement hors d'état de décomposer ensuite l'acide carbonique à la lumière. Citons un dernier exemple. Une feuille du même arbuste, dont la surface était de 28 centimètres carrés, ayant été placée toute fraîche dans un mélange d'air et d'acide carbonique, au soleil, a décomposé, dans l'espace de neuf heures, 27,2 centimètres cubes de gaz acide. Une feuille semblable n'en a plus décomposé que 11,3 centimètres cubes, dans le même espace de temps, après un séjour de vingt-quatre heures dans une atmosphère d'hydrogène, à l'obscurité; la décomposition n'a été que de 2,6 centimètres cubes, en cinq heures d'exposition au soleil, dans un mélange aussi riche en gaz acide que pour la précédente, après un séjour de quarante-huit heures, à l'obscurité, dans le même gaz; enfin la faculté de décomposition n'existait plus pour une feuille semblable dont le séjour dans l'hydrogène, à l'obscurité, avait été prolongé pendant quatre-vingt-quatre heures. On a vu plus haut que rien de pareil n'a lieu pour les feuilles qui ont été maintenues également à l'obscurité, mais dans une atmosphère respirable.

Une observation qui ne doit pas être passée sous silence, c'est que la feuille asphyxiée, pour employer l'expression fort juste de M. Boussingault, ne laisse découvrir dans sa couleur, dans son poids, dans la proportion de son eau de végétation, ni dans l'état intime de ses tissus, aucune altération appréciable aux yeux de l'observateur, et cependant l'activité est détruite en elle, par l'effet de la longue privation d'oxygène qu'elle a subie; elle est donc morte, malgré son apparence de fraîcheur, et rien ne peut rétablir sa vitalité perdue.

7° A l'examen de l'influence qu'exerce sur la végétation une atmosphère irrespirable se rattache celle de l'action qu'elle peut éprouver de la part de certaines vapeurs. M. Boussingault n'a pas négligé de donner cet utile complément à ses études précédentes[1]. Ses expériences l'ont porté à croire qu'en général les vapeurs d'huiles essentielles végétales nuisent faiblement aux feuilles; toutefois elles lui ont appris aussi que l'essence de térébenthine restreint notablement en elles la faculté de décomposer l'acide carbonique à la lumière. Ainsi de deux feuilles de Laurier-Cerise (*Prunus Laurocerasus* L.), ayant l'une et l'autre 48 centimètres carrés de surface, et qui ont été exposées en même temps au soleil pendant dix heures, dans de l'hydrogène mélangé d'un peu plus que la moitié de son volume d'acide carbonique, l'une, dont l'atmosphère n'avait reçu aucune matière étrangère, a décomposé 27,4 centimètres cubes de gaz acide pour émettre 27,7 centimètres cubes d'oxygène; l'autre n'en a décomposé que 18,5 centimètres cubes, ou un tiers de moins, parce qu'on avait introduit dans le vase qui la renfermait quelques gouttes d'essence de térébenthine, dont la vapeur avait saturé cette atmosphère artificielle.

Mais l'une des vapeurs les plus nuisibles à la végétation est celle du mercure, dont la faible tension ne ferait guère attendre à priori un effet si prononcé. Un célèbre physiologiste en avait déjà signalé l'action, mais sans en fournir la mesure; M. Boussingault a fait à ce sujet, sur des feuilles de *Nerium Oleander* L., des expériences comparatives desquelles résultent des données beaucoup plus précises. Il a vu d'abord trois de ces feuilles perdre entièrement leur activité réductrice de l'acide carbonique par un séjour de trente-huit heures à l'obscurité, sous une cloche de verre contenant 300 centimètres cubes d'air, qui fut renouvelé trois fois pendant ce temps, par cela seul que la cloche reposait sur la cuve à mercure, et que le pétiole de ces organes plongeait quelque peu dans ce métal. Puis,

[1] Sur les fonctions des feuilles, 3ᵉ partie, par M. BOUSSINGAULT. (*Comptes rendus*, LXI, 1865, p. 657-661.)

lorsque ce contact funeste a été supprimé, la feuille, maintenue par un fil de platine au milieu de l'air qui remplissait le récipient posé sur la cuve à mercure, n'a pas entièrement perdu, par un séjour de quarante-six heures, à l'obscurité, la faculté de décomposer le gaz acide; mais son action n'a porté ensuite, en cinq heures d'exposition au soleil, que sur 3,8 centimètres cubes de ce même gaz. Une feuille semblable traitée de même, mais en l'absence du mercure, aurait décomposé 22 à 25 centimètres cubes d'acide carbonique. Cette action promptement funeste de la vapeur mercurielle paraît s'exercer uniquement sur la matière verte ou chlorophylle, qui est l'agent essentiellement actif dans la décomposition du gaz acide; car M. Boussingault s'est assuré plusieurs fois qu'une feuille maintenue à l'obscurité, dans de l'air en contact avec le mercure, transforme l'oxygène en acide carbonique tout aussi énergiquement qu'une feuille semblable contenue dans une cloche pleine d'air et non posée sur le métal liquide.

8° Toutes les expériences dont on vient de lire l'analyse ont eu pour sujets des feuilles détachées de la plante-mère; pour se rapprocher le plus possible des conditions naturelles, il importait au plus haut point de mettre également en observation des feuilles de la même espèce végétale, le Laurier-Rose ou *Nerium* tenant encore à l'arbuste vivant et agissant sur l'air atmosphérique normal. C'est ce que M. Boussingault a fait dans deux expériences[1], qui peut-être en appelleraient quelques autres comme complément, mais qui n'en fournissent pas moins des données d'une importance majeure.

La question devient plus complexe dans ces conditions, qui sont beaucoup plus analogues à celles dans lesquelles la feuille accomplit habituellement ses fonctions sur le végétal vivant. En effet, cet organe ne se trouve plus en contact qu'avec la minime quantité de gaz acide carbonique contenu habituellement dans l'atmosphère, et, d'un autre côté, la faculté dont elle jouit de décomposer cet acide doit

[1] Même partie du mémoire cité ci-dessus, p. 661-665.

s'exercer tant sur celui qu'elle trouve dans l'atmosphère que sur celui qui lui est apporté par la séve brute. Pour apprécier la proportion de celui qu'elle puise à cette dernière source, M. Boussingault a d'abord fait entrer une feuille vigoureuse de Laurier-Rose, située à l'extrémité d'une branche, dans une cloche graduée contenant de l'air et reposant sur le mercure recouvert d'une couche d'eau. L'appareil est resté exposé au soleil de dix heures à cinq heures, après avoir été enduit d'une couche de blanc destinée à modérer l'insolation. Pendant ce temps, cette feuille n'a introduit dans son atmosphère confinée qu'environ 2 centimètres cubes d'oxygène, provenant de la décomposition de l'acide carbonique. Or, si, au lieu de fonctionner au milieu de l'air normal, cette feuille s'était trouvée dans une atmosphère artificielle très-riche en acide carbonique, elle aurait émis de 28 à 30 centimètres cubes d'oxygène; elle a donc manifesté, en réalité, toutes proportions gardées, une énergie décomposante presque équivalente à celle qu'elle aurait montrée dans ce dernier cas. Mais l'oxygène qu'elle a exhalé provenait de la décomposition de l'acide carbonique renfermé dans son propre tissu, ou plus probablement dans l'ensemble de la plante. Pour reconnaître la vérité à cet égard, notre savant et ingénieux observateur a dépouillé de ses feuilles l'extrémité d'une branche de *Nerium*, au bout de laquelle il a pratiqué une section; après quoi il l'a introduite, tenant au pied même, dans une cloche graduée remplie de mercure qui reposait sur une couche de ce même métal recouverte d'eau. Aussitôt une bulle de gaz est sortie par la section de l'extrémité de la branche, et l'écoulement gazeux s'est continué ensuite très-lentement. Au bout de vingt-trois heures, il avait donné 92,8 centimètres cubes (à 20°,6 de température) d'un gaz dans lequel l'analyse a montré qu'il y avait, sur 100 parties, 88,01 d'azote, 6,64 d'oxygène et 5,35 d'acide carbonique. La vitesse moyenne de l'émission avait été de 3,03 centimètres cubes par heure de gaz réduit à 0° et à la pression de $0^m,76$. «Ce gaz,» dit M. Boussingault, «rappelle, par sa composition, l'air con-

« finé d'une terre fortement fumée. Nul doute qu'en pénétrant dans « les feuilles avec la séve, il n'apporte à l'organisme végétal du « carbone, ou mieux de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène résul- « tant de la décomposition simultanée de l'acide carbonique et de « l'eau : $CO^2,HO$ donnant lieu à une émission d'oxygène $O^2$ et à « CO, H exprimant la composition brute du glucose $C^{12}H^{12}O^{12}$, qui, « en fixant ou abandonnant les éléments de l'eau, peut donner nais- « sance à ces corps que l'on s'est cru autorisé à désigner sous le « nom d'hydrates de carbone, tels que le sucre, l'amidon, les « ligneux, et que, par le fait, une feuille élabore aussitôt qu'elle « est frappée par un rayon de lumière. . . . . Si l'on envisage la « vie végétale dans son ensemble, on est convaincu que la feuille « est la première étape des glucosides que, plus ou moins modifiés, « on trouve répartis dans diverses parties de l'organisme; que c'est « la feuille qui les élabore aux dépens de l'acide carbonique et de « l'eau. » Les principes sucrés ainsi produits vont s'accumuler ensuite dans des organes divers, selon les espèces de plantes, pour être consommés par la fleur, et surtout par le fruit et la graine, dans le cours de leur développement. Cette ingénieuse théorie concorde avec les idées admises depuis longtemps dans la science, selon lesquelles la feuille est l'organe éminemment élaborateur et par cela même nourricier des végétaux.

9° La décomposition de l'acide carbonique par une feuille soumise à l'influence de la lumière est un phénomène à l'accomplissement duquel coopère l'organe tout entier; mais les différentes parties de celui-ci y prennent-elles une part égale, ou bien certaines d'entre elles en sont-elles plus spécialement chargées? Pour préciser davantage : toutes les feuilles minces ont deux faces dont l'une regarde le ciel et l'autre la terre; la première a presque toujours une verdure plus intense, un épiderme plus lisse; en outre, et c'est là une particularité de structure fort importante, elle est, dans la majorité des cas, dépourvue de ces petits orifices bordés chacun de deux cellules arquées, auxquels on a donné le nom de

*stomates*, et qui établissent une libre communication entre l'intérieur de la feuille et l'atmosphère extérieure. Au contraire, la face inférieure a le plus souvent une teinte pâle; elle est fréquemment duvetée ou même très-velue; enfin elle est le siége unique des stomates dans tous les végétaux ligneux et dans beaucoup d'herbes, tandis qu'elle partage plus ou moins ce dernier caractère avec la face supérieure dans un assez grand nombre d'autres plantes herbacées. Une inégalité physiologique correspond-elle à cette différence d'aspect et à cette dissemblance de structure? L'une des deux faces est-elle plus active que l'autre, dans l'accomplissement des phénomènes respiratoires, ou bien y concourent-elles également l'une et l'autre? Telles sont les deux questions importantes que M. Boussingault s'est proposé de résoudre par de nombreuses expériences, dont l'exposé forme la dernière partie de son grand travail sur les fonctions des feuilles[1]. Le résultat général de cette nouvelle série de recherches a été que, dans les espèces observées, qui malheureusement sont toutes du nombre de celles dont les feuilles manquent de stomates à leur face supérieure, celle-ci, ou l'endroit, s'est montrée plus active que la face inférieure, ou l'envers. La différence entre les quantités d'acide carbonique décomposé par les deux faces a été d'autant plus prononcée que la lame foliaire était plus épaisse et d'un tissu plus consistant. Il s'ensuit que, contrairement à ce que pensaient, sans preuves directes, beaucoup de physiologistes, l'énergie respiratoire des feuilles, à la lumière, n'est pas en rapport avec le nombre de leurs stomates, puisque, dans toutes les expériences de M. Boussingault, la face qui a été la plus active est précisément celle qui, dans les sujets observés, est tout à fait dépourvue de ces petits appareils. Ce même résultat peut bien, au premier coup d'œil, ne paraître que bizarre; cependant il semble s'expliquer naturellement par la structure anatomique de la plupart des feuilles, et, en particulier, de

[1] Sur les fonctions des feuilles, 3e partie, par M. Boussingault. (*Comptes rendus*, LXIII, 1866, p. 706-714, 748-756.)

celles sur lesquelles ont porté les expériences dont il s'agit en ce moment.

En effet, parler de l'activité physiologique des deux faces des feuilles, c'est simplement employer une expression abrégée qui, prise à la lettre, impliquerait une erreur grossière; il faut, en réalité, reporter toute fonction au parenchyme même situé sous la lame d'épiderme qui forme les deux faces. Or on sait, depuis les travaux de M. Ad. Brongniart, que, dans la plupart des cas, le parenchyme situé sous la face supérieure d'une feuille est composé de cellules allongées dans le sens perpendiculaire au plan de l'épiderme, étroites et serrées l'une contre l'autre; au contraire, celui qui correspond à la face inférieure est un assemblage de cellules irrégulières, généralement plus larges et rameuses, s'unissant entre elles par des parties proéminentes, de manière à laisser des vides et à former ainsi un tissu lâche et spongieux. Par une conséquence évidente de cette structure, sous un centimètre carré, par exemple, de la face supérieure, se trouve un nombre de cellules beaucoup plus grand que sous la même étendue de la face inférieure. Or, le parenchyme étant le tissu actif et chaque cellule étant un foyer d'activité, la face supérieure offre la somme d'un plus grand nombre d'actions particulières, ou, en d'autres termes, elle décompose un volume plus considérable d'acide carbonique. Voici maintenant quelques exemples choisis parmi ceux dont nous devons la connaissance à M. Boussingault.

Trois feuilles semblables de Laurier-Rose (*Nerium Oleander* L.), ayant chacune 31 centimètres carrés de surface, furent placées au soleil, pendant huit heures, dans un mélange d'air et d'acide carbonique, après qu'on eût collé du papier noirci et opaque sur l'endroit de la première (A) et sur l'envers de la seconde (B), tandis qu'on laissa découvertes les deux faces de la troisième (C). Dans ces conditions, les quantités respectives d'acide carbonique décomposé furent de 5,6 centimètres cubes pour A, de 20,5 centimètres cubes pour B, de 27,3 centimètres cubes pour C. La

différence entre les deux faces était moins prononcée lorsque l'expérience portait sur des feuilles qui n'avaient pas encore atteint leur développement complet. Ainsi, pour trois feuilles plus jeunes, ramenées à 22 centimètres carrés de surface, la décomposition du gaz acide a été, en six heures d'exposition au soleil, de 6,35 centimètres cubes pour l'envers, de 9,15 centimètres cubes pour l'endroit, de 14,8 centimètres cubes pour les deux faces laissées à découvert et fonctionnant simultanément. Une remarque importante, c'est que la somme des nombres donnés par l'endroit et l'envers fonctionnant isolément est supérieure à la quantité de gaz décomposé par les deux faces laissées à découvert sur l'une des feuilles. Cette inégalité s'est montrée dans la plupart des expériences de M. Boussingault; parfois même elle a été notablement plus marquée que dans le cas présent; plus rarement elle a été de sens inverse.

Comme sujets, parmi les végétaux à feuilles minces et non coriaces, l'éminent chimiste a choisi le Platane, le Marronnier d'Inde (*Æsculus Hippocastanum* L.), le Framboisier (*Rubus idæus* L.), le Peuplier blanc (*Populus alba* L.) et le Pêcher. Pour le Platane, l'envers a décomposé 9,6 centimètres cubes d'acide carbonique, l'endroit 11,9 centimètres cubes, et les deux faces ensemble seulement 17,9 centimètres cubes, pendant six heures d'exposition au soleil, derrière un écran et par un ciel nuageux. Pour le Framboisier, pris comme type de feuilles à faces dissemblables, en sept heures d'exposition à la lumière, l'envers a décomposé 2,8 centimètres cubes, l'endroit 5,1 centimètres cubes, et les deux faces fonctionnant simultanément 5,9 centimètres cubes, quantité plus faible de 2 centimètres cubes que la somme des deux premières. Pour le Peuplier blanc, dont les feuilles extrêmement minces ($0^{mm},10$ à $0^{mm},08$) sont revêtues, en-dessous, d'une épaisse villosité blanche, une exposition à la lumière solaire affaiblie par un écran, pendant huit heures, dans de l'air mélangé comme toujours d'une forte proportion d'acide carbonique, a déterminé la décomposition de ce dernier gaz dans la proportion de 1 centimètre cube pour l'en-

vers, de 6,05 centimètres cubes pour l'endroit, de 6,5 centimètres cubes pour les deux faces laissées découvertes. Cette expérience a été faite au mois de septembre; une autre, faite au commencement du mois d'août, avait donné 9 centimètres cubes pour l'endroit et 9,4 centimètres cubes pour les deux faces restées découvertes. Enfin, pour le Pêcher, dont la feuille a $0^{mm},15$ d'épaisseur seulement, l'endroit, exposé à l'ombre pendant sept heures, dans un mélange d'air et d'acide carbonique, a décomposé 6,7 centimètres cubes de ce dernier, tandis que les deux faces d'une autre feuille fonctionnant librement n'en ont décomposé que 7 centimètres cubes. Comme le pense justement M. Boussingault, dans les cas où les deux faces fonctionnant isolément ont opéré une décomposition totale plus forte que celle qui a été observée sur une feuille dont les deux faces avaient été laissées à découvert, ce résultat, bizarre en apparence, s'explique très-bien par le peu d'épaisseur de la feuille qui, tout en recevant la lumière par une seule face, l'a laissée pénétrer dans tout le tissu de cet organe et en provoquer l'activité.

On vient de voir que l'une des conséquences les plus intéressantes qui découlent des expériences de M. Boussingault, c'est que l'énergie avec laquelle les feuilles décomposent l'acide carbonique, à la lumière, ne dépend pas de la présence de stomates dans leur épiderme, puisque cette énergie a été reconnue constamment plus grande à la face supérieure, qui en est complétement dépourvue, dans les sujets de ces expériences, qu'à la face inférieure, qui en offre une grande quantité. Or M. Duchartre était arrivé, dix années auparavant, à reconnaître cette même indépendance de l'énergie réductrice des feuilles et de leurs stomates, et il avait même donné plus d'extension à ses énoncés sur ce sujet. Dans un travail, dont un résumé seulement a été publié [1], il rapportait le résultat d'observations faites sur environ quarante espèces différentes, choisies

[1] Recherches expérimentales sur la respiration des plantes, par M. P. Duchartre. (*Comptes rendus*, XLII, 1856, p. 37-39; LXIII, 1866, p. 854-856.)

de manière à rentrer dans les principales catégories qu'on peut distinguer d'après la durée des plantes, d'après la consistance de leurs feuilles, etc. Dans ces observations, outre qu'il avait cherché à reconnaître le rapport qui existe entre l'intensité de la lumière et la quantité d'oxygène dégagé, il s'était proposé de voir s'il existe également une relation entre cette même quantité d'oxygène exhalé par les feuilles et le nombre ainsi que la grandeur des stomates que portent ces organes. Or les faits qu'il avait observés l'avaient conduit à des conclusions négatives sous ces deux derniers rapports, et il n'avait pas hésité à déclarer qu'il n'existe pas de relation fixe entre le nombre ainsi que la grandeur des stomates et les quantités de gaz dégagées au soleil par les feuilles; qu'on voit même des végétaux très-riches en stomates ne donner que fort peu de gaz; enfin qu'il faut nécessairement attribuer à l'épiderme lui-même, et abstraction faite des ouvertures stomatiques, une certaine intervention dans les phénomènes respiratoires, puisqu'il se laisse traverser par les gaz qui vont de l'atmosphère au parenchyme sous-jacent ou qui proviennent de ce même parenchyme.

Pour ne pas scinder l'exposé des beaux travaux de M. Boussingault sur la respiration des feuilles, nous avons rapproché des mémoires dont la publication a eu lieu à des époques éloignées l'une de l'autre; mais, pendant la longue série d'années que ce savant éminent a consacrées aux recherches dont on vient de voir les résultats, d'autres observateurs ont porté aussi leur attention sur les questions dont il s'occupait lui-même, ou sur d'autres qui s'y rattachent par des rapports plus ou moins directs; ils ont ainsi aidé puissamment aux progrès de la science moderne, et par conséquent l'indication des faits qu'ils nous ont appris doit entrer dans ce relevé général.

L'un de ceux qui ont poursuivi avec la plus louable persévérance et le plus remarquable talent d'expérimentation l'étude des phénomènes respiratoires dont les feuilles sont le siége, est M. B. Corenwinder, de Lille, dont les expériences sur ce sujet ont

été continuées depuis 1850 jusqu'à ce jour. Ce chimiste distingué a eu l'heureuse idée de choisir pour sujets, non des rameaux détachés ni des feuilles isolées, mais des plantes végétant dans les conditions normales et tenues tantôt en pots, tantôt en pleine terre. Il est évident qu'une feuille, même une branche feuillée, isolées du pied mère, ne recevant plus rien de celui-ci, perdent graduellement l'énergie végétative qui avait été tout entière en elles jusqu'au moment de leur séparation. Dès lors, bien que les phénomènes respiratoires puissent s'y opérer encore d'après la même marche générale, il n'est pas toujours rigoureux d'étendre à la plante végétant normalement les conclusions déduites d'expériences qui ont été faites sur ces fragments placés dans les circonstances exceptionnelles de l'expérimentation. L'appareil dont s'est servi M. Corenwinder a pour partie fondamentale une cloche à douille ou un grand flacon sans fond, dans lequel est introduite la portion aérienne du sujet; cette portion aérienne étant la seule sur laquelle doive porter l'observation, il était essentiel de l'isoler des racines ainsi que du pot. Une disposition fort simple a permis d'atteindre ce résultat : deux plaques carrées de forte tôle, soigneusement dressées, ont été entaillées chacune d'une fente qui arrivait jusqu'au centre de leur surface; on faisait pénétrer la tige du sujet au fond des fentes de ces deux plaques dirigées en sens contraire; elle se trouvait ainsi logée comme dans un trou qu'elle remplissait à peu près, et dans lequel d'ailleurs il était facile de la luter de manière à intercepter le passage de l'air. La cloche étant posée sur cette tôle et lutée exactement tout autour, la portion feuillée du sujet se trouvait isolée dans l'espace clos ainsi limité, et il était ensuite facile d'adapter à la douille de la cloche le tube d'un aspirateur pour en retirer les gaz, ainsi qu'un tube destiné à y faire arriver l'air extérieur, après qu'il avait subi lui-même, au besoin, des épurations diverses. Cette disposition offre des avantages qu'il est facile de sentir; toutefois, comme l'expérimentateur ne dit pas avoir eu la précaution de modérer par un léger écran l'ardeur du soleil auquel il exposait le

plus souvent les plantes ainsi enfermées, il est à craindre qu'elles n'aient été parfois soumises à une chaleur trop forte qui a pu nuire à leur végétation. Au moyen de cet ingénieux appareil, et grâce à la persévérance avec laquelle il a poursuivi ses recherches, M. Corenwinder a pu étudier attentivement la plupart des points qu'embrasse le phénomène général de la respiration des feuilles, et il y a trouvé la matière de plusieurs mémoires intéressants[1]. Résumons les principaux résultats des expériences qu'on trouve consignés dans ces écrits.

1° On a déjà vu (voyez p. 202 et suiv.) que M. Garreau s'est cru autorisé par ses observations à dire que les feuilles émettent généralement de l'acide carbonique à la lumière, et que cette émission est devenue à ses yeux le caractère essentiel de la respiration des plantes, regardée par lui, pour ce motif, comme analogue à celle des animaux. M. Corenwinder a été conduit à rechercher ce qu'il pouvait y avoir de fondé dans cet énoncé et dans la généralisation de l'idée qu'il exprime. Déjà, dans son premier mémoire, il déduisait de ses expériences cette conclusion que le dégagement d'acide carbonique par les feuilles, pendant le jour, n'a lieu qu'à l'ombre et se trouve même circonscrit au temps de la jeunesse des organes foliacés; il ajoutait cependant qu'un certain nombre de végétaux conservent la propriété d'expirer ce gaz, à l'ombre, pendant toutes les phases de leur existence. Plus récemment il a

[1] Recherches sur l'assimilation du carbone par les feuilles des végétaux, par M. B. Corenwinder. (*Ann. de Physique et de Chimie*, 3ᵉ série, LIV, 1858, p. 321-356, pl. 1.) — Recherches chimiques sur la végétation, 2ᵉ mémoire, par le même. (*Mémoires de la Société des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, 1863, 2ᵉ série, X, 24 pages et une planche; *Ann. des sciences naturelles*, 5ᵉ série, I, 1864, p. 297-313.) — Les feuilles des plantes exhalent-elles de l'oxyde de carbone? par le même. (*Mém. de la Société des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, 1864, 3ᵉ série, I, 9 pages et 1 planche.) — Expiration diurne et nocturne des feuilles; feuilles colorées, par le même. (*Comptes rendus*, LVII, 1863, p. 266-268.) — Recherches chimiques sur la végétation; fonctions des feuilles (4ᵉ mémoire), par le même. (*Mémoires de la Société des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, 1867, 31 pages et 1 planche.)

tout à fait abandonné cette dernière partie de son énoncé. La suite de ses études expérimentales lui a montré que les bourgeons et les feuilles naissantes opèrent seuls cette expiration pendant le jour, en plein air, même au soleil. Ces organes conservent cette faculté, qui caractérise pour eux une période analogue à ce qu'est la germination pour la plante entière, pendant un temps variable selon les espèces; mais de bonne heure ils commencent à exhaler de l'oxygène, en quantité d'abord faible, ensuite de plus en plus considérable à mesure qu'ils se développent. Ces deux productions s'opèrent simultanément pendant une certaine période; bientôt la dernière devient prédominante et la première cesse d'avoir lieu. Une fois adultes et complétement développées, les feuilles ne dégagent plus d'acide carbonique, pendant le jour et en plein air, ni au soleil, ni même sous un ciel couvert et par une vive lumière diffuse; mais elles commencent à en produire en proportion plus ou moins considérable, si on les transporte dans une chambre qui ne reçoive pas le soleil direct, ou dans un lieu couvert d'une ombre épaisse.

2° Les plantes tirent leur carbone de l'acide carbonique qu'elles trouvent dans l'atmosphère, et de celui que la séve leur apporte du sol; mais la première de ces sources est plus abondante qu'on ne le pense d'ordinaire. Si l'on compare la quantité de carbone qu'elles s'assimilent ainsi avec celle qui entre dans leur constitution, on est obligé, dit M. Corenwinder, de reconnaître que c'est dans l'atmosphère, sous l'influence des rayons du soleil, qu'elles puisent une grande partie du carbone nécessaire à leur développement. Ce fait fondamental avait été déjà mis en lumière; on a même déjà vu plus haut (p. 213) que M. Boussingault s'est attaché récemment à reconnaître dans quel rapport concourent à la respiration pendant le jour, et par conséquent à la fixation du carbone, l'acide carbonique de l'atmosphère et celui du sol. Néanmoins les observations de M. Corenwinder ajoutent à nos connaissances sur ce point des données d'autant plus précieuses qu'elles ont été fournies par des plantes entières végétant normalement. Ce savant a d'ailleurs établi

une circonstance importante, quand il a montré que la quantité d'acide carbonique absorbé pour être réduit varie avec l'intensité de la lumière solaire, et qu'elle est en rapport avec cette intensité.

3° Lorsque fut publié le premier mémoire de M. Corenwinder sur les fonctions des feuilles (1858), la science ne possédait pas encore de données positives sur le rapport qui existe entre la quantité de carbone qu'une plante acquiert pendant le jour, en décomposant l'acide carbonique puisé par ses feuilles dans l'atmosphère, et celle qu'elle perd pendant la nuit en formant à ses propres dépens le gaz acide qu'elle exhale. Ce savant a donc eu à cet égard le mérite d'ouvrir la voie et de fournir le premier, par une bonne méthode expérimentale, des documents précis dont l'importance et la valeur sont incontestables. Citons un exemple : un pied de Colza, haut de $0^m,28$, qui pesait 58 grammes à l'état frais, aurait décomposé, s'il avait été exposé au soleil pendant douze heures de suite, 1 992 centimètres cubes d'acide carbonique. D'un autre côté, une expérience antérieure avait appris que les douze autres heures de la journée, passées à l'ombre ou de nuit, amenaient un dégagement de 47 centimètres cubes; cette dernière quantité doit être retranchée de la première, et il reste 1 945 centimètres cubes ou près de 2 litres d'acide carbonique décomposé en vingt-quatre heures, c'est-à-dire environ 1 gramme de carbone extrait de 4 grammes de gaz acide, ou un gain au moins quarante et une fois plus fort que la perte amenée par la privation de lumière solaire. Si même on suppose que la plante dont il s'agit n'est éclairée par le soleil que pendant une heure, dans toute la journée, cette courte insolation lui fera gagner encore plus de carbone qu'elle n'en peut perdre pendant les vingt-trois autres heures. Elle lui permettra, en effet, de décomposer, à son profit, 166 centimètres cubes d'acide carbonique, tandis que son exhalation sera seulement de 42 centimètres cubes pour dix heures de nuit et de 32 centimètres cubes pour treize heures de lumière diffuse, ou, au total, de

74 centimètres cubes seulement, ce qui laisse un excès de 92 centimètres cubes décomposés sous l'influence du soleil. Aussi M. Corenwinder n'hésite-t-il pas à dire formellement que trente minutes d'insolation, dans la matinée, suffisent souvent pour qu'une plante efface les pertes qu'elle a subies pendant toute la nuit.

Ajoutons que la faculté de réduire l'acide carbonique, une fois acquise par les feuilles vertes, sous l'influence de la lumière solaire directe, peut continuer à exercer son action à la lumière diffuse et même à l'obscurité. C'est ce que semblent démontrer, pour diverses plantes aquatiques submergées, des expériences intéressantes dont les résultats ont été communiqués à la Société botanique de France, au mois de novembre 1866, par M. Van Tieghem, et publiés en novembre 1867[1]. En effet, cet observateur s'est assuré d'abord que la lumière diffuse de l'atmosphère, toute vive qu'elle puisse être, est impuissante à provoquer, chez l'*Elodea canadensis*, par exemple, une réduction sensible d'acide carbonique; il a constaté ensuite que cette même plante, après avoir subi l'action directe du soleil pendant trois heures, continuait à manifester sa faculté réductrice pendant neuf heures après qu'on l'avait placée à la lumière diffuse. Il a vu même une branche de *Ceratophyllum*, mise au soleil à 8 heures du matin et placée à l'obscurité dès 8 heures 45 minutes, dégager encore un courant de gaz formé en majeure partie d'oxygène, à raison de 200 bulles par minute à 9 heures, de 125 à 9 heures 30 minutes, de 75 à 10 heures, de 25 à 11 heures, de 3 à 11 heures 45 minutes; même à ce dernier moment le transport de l'obscurité à la lumière diffuse a donné plus d'énergie à ce dégagement. Si la même faculté appartenait aux plantes qui vivent dans l'air, ce qu'il semble permis de présumer, mais ce que rien, il est vrai, ne prouve directement jusqu'à ce jour, la durée de la véritable respiration nocturne se trouverait considérablement amoindrie par la continuation de l'activité que l'influence

[1] Note sur la respiration des plantes aquatiques, par M. Van Tieghem. (*Comptes rendus*, séance du 18 novembre 1867, LXV, p. 867-871.)

du soleil imprime, pendant le jour, aux cellules pourvues de chlorophylle.

On a déjà vu plus haut (p. 199) que, dans le cours de leurs expériences, MM. Cloëz et Gratiolet ont pu reconnaître l'influence exercée par la température sur la respiration des plantes; M. F. de Fauconpret s'est attaché à déterminer plus complétement cette influence, et les expériences qu'il a faites dans ce but lui ont semblé autoriser l'établissement d'une loi rigoureusement mathématique[1]. Les sujets de ses observations consistaient en rameaux détachés ou en feuilles isolées, suspendus dans une cloche de verre que traversait un courant d'air saturé d'humidité. Cet air était analysé avant son arrivée dans la cloche et après sa sortie, et l'on déterminait ainsi la quantité d'acide carbonique qu'il contenait dans l'un et l'autre cas, pour en conclure celle que le sujet avait pu absorber ou exhaler. Les expériences duraient une heure chacune, et étaient faites soit à la lumière solaire directe, soit à la lumière diffuse, soit à l'obscurité. M. de Fauconpret a été conduit ainsi à énoncer les propositions suivantes: Les quantités d'acide carbonique absorbées ou exhalées par une même plante varient avec la température, le mode de respiration restant le même. A la même température, les quantités d'acide carbonique absorbées ou exhalées varient suivant la nature de la plante. La loi suivant laquelle varient ces quantités, à des températures diverses, est représentée par une formule parabolique, quel que soit le mode de respiration de la plante et à quelque famille qu'elle appartienne. Le coefficient du carré de la température est constant pour toutes les plantes dont le mode de respiration est le même, c'est-à-dire qui se trouvent soumises aux mêmes conditions de lumière. Ce coefficient varie pour la même plante suivant le mode de respiration. Malheureusement, la rigueur des formules mathématiques s'applique bien rarement à la marche des phénomènes naturels, et le cas présent en est une preuve; en

[1] Recherches sur la respiration des végétaux, par M. F. de Fauconpret. (*Comptes rendus*, LVIII, 1864, p. 334-336.)

effet, MM. Cloëz et Gratiolet ont démontré que la température exerce sur la respiration une influence qui diffère notablement, selon qu'elle suit elle-même une marche ascendante ou descendante; dès lors, comment faire dériver de la même formule deux résultats qui seront dissemblables, à la même température, selon que, pour y arriver, la chaleur aura été en augmentant ou, au contraire, en diminuant?

Une conséquence capitale de la disproportion qui existe entre la quantité considérable d'oxygène que les parties vertes des plantes versent dans l'atmosphère pendant le jour et le faible volume de l'acide carbonique qu'elles y ajoutent pendant la nuit, c'est que la végétation augmente sans cesse la pureté et par conséquent la salubrité de l'air que nous respirons; dès lors, les parties de la surface terrestre qui nourrissent la population végétale la plus riche devront être également celles qui offriront les meilleures conditions pour l'existence de l'homme, et c'est aussi ce que l'on constate généralement. Toutefois les pays marécageux forment une triste exception à cette loi générale, leur insalubrité étant en général fort grande, malgré la végétation spéciale, souvent abondante, qu'ils possèdent. Cette insalubrité tient évidemment à la présence de matières nuisibles qui existent dans l'atmosphère de ces localités; on est ainsi conduit naturellement à se demander si ce n'est pas dans les plantes qu'on doit chercher l'origine de ces matières. La réponse à cette question a semblé un instant aussi simple que précise; malheureusement, les observations sur lesquelles il avait semblé naturel de la baser n'ont pas tardé à recevoir une interprétation différente, et la science est alors retombée, sous ce rapport, dans le vague dont on avait pu croire un instant qu'elle était sortie pour toujours. Voici en peu de lignes l'histoire de cet incident physiologique :

Th. de Saussure avait reconnu que les vases dans lesquels il recueillait l'oxygène dégagé par les plantes au soleil contenaient, en même temps que ce gaz, une forte proportion d'azote. En discutant

les expériences du célèbre savant génevois, M. Boussingault a montré[1] que, dans celle qu'on cite le plus souvent et qui avait pour sujets des Pervenches, la quantité d'azote recueillie était supérieure même à la proportion de ce gaz que ces plantes pouvaient contenir. En faisant lui-même des expériences du même genre, il a obtenu des résultats analogues. Cette bizarrerie peu concevable s'est expliquée sans peine lorsqu'il a fait fonctionner en même temps, et dans des conditions identiques, deux appareils semblables quant à leur disposition, mais dont un seul renfermait des feuilles de Lilas. Au bout de deux heures d'insolation, l'appareil qui contenait des feuilles avait donné 5 centimètres cubes d'azote, que l'on pouvait, dit notre savant observateur, raisonnablement attribuer à la substance même de la plante; dans l'autre, où il semblait n'exister aucune cause de dégagement gazeux, s'étaient rassemblés 4 centimètres cubes du même gaz, qui ne pouvait provenir que de l'air dissous dans l'eau. M. Boussingault fut ainsi conduit à changer entièrement sa méthode expérimentale, ainsi que la marche de ses analyses, et à doser chaque fois non-seulement les gaz dégagés sous l'influence du soleil, mais encore ceux qui appartenaient au végétal et ceux qui se trouvaient dissous dans l'eau. Or, dans ce cas, une analyse eudiométrique rigoureuse montra que, dans les produits gazeux dégagés par les plantes au soleil, il y avait une proportion très-appréciable de gaz combustibles qu'on ne retrouvait pas dans l'azote provenant de plantes qui n'avaient pas été soumises à l'influence solaire. Quelle était la nature de ces gaz combustibles ?

Diverses expériences faites, les unes sur des feuilles isolées, les autres sur des branches feuillées et tenant à la plante, firent penser que c'était de l'oxyde de carbone mêlé d'une faible quantité d'hydrogène protocarboné. Entre autres expériences, dans le mélange

[1] Sur la nature des gaz produits pendant la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles exposées à la lumière, par M. Boussingault. (*Comptes rendus*, LIII, 1861, p. 862-884; *Ann. des sciences nat.* 4ᵉ série, XVI, 1861, p. 5-27.)

gazeux dégagé par une branche de Pin, l'azote était mêlé à plus du quart de son volume d'un gaz combustible presque entièrement formé d'oxyde de carbone, et ce dernier se trouvait, relativement à l'oxygène produit, dans le rapport de 1,7 sur 100. La conclusion première déduite de ces expériences était que les feuilles, pendant la décomposition de l'acide carbonique, n'émettraient pas de gaz azote, mais, avec le gaz oxygène, du gaz oxyde de carbone et du gaz hydrogène protocarboné; que, dès lors, « probablement toutes les plantes, et très-certainement les feuilles des plantes aquatiques, en émettant du gaz oxygène qui améliore l'atmosphère, émettent aussi l'un des gaz les plus délétères que l'on connaisse, l'oxyde de carbone. » « N'est-il pas permis, » ajoutait M. Boussingault, « d'entrevoir dans l'émanation de ce gaz pernicieux l'une des « causes de l'insalubrité des contrées marécageuses? »

La nouveauté du fait énoncé en ces termes était bien faite pour piquer la curiosité des physiologistes; aussi M. Cloëz ne tarda-t-il pas à instituer des expériences, en général analogues à celles qu'il avait rapportées dans le mémoire publié par lui en commun avec M. Gratiolet (voyez p. 197-201), et destinées à vérifier si, en effet, l'oxygène et l'azote émis par les plantes aquatiques submergées, sous l'influence de la lumière solaire, étaient ou non mélangés soit d'oxyde de carbone, soit de gaz combustibles quelconques. Les résultats de ses recherches furent nettement négatifs[1], et le conduisirent à déclarer que l'azote produit par ces plantes, dont la proportion augmentant de jour en jour prouve qu'il provient de la décomposition de la substance végétale elle-même, est absolument pur et sans mélange de traces appréciables de gaz combustibles. De son côté, M. Boussingault lui-même, loin de regarder ses premières analyses comme suffisantes pour servir de base à un énoncé général, avait continué ses recherches touchant cette importante

[1] Observations sur la nature des gaz produits par les plantes submergées, sous l'influence de la lumière, par M. S. Cloëz. (*Comptes rendus*, LVII, 1863, p. 354-357; *Annales des sciences natur.* 4ᵉ série, XX, 1863, p. 180-184.)

question, et bientôt, en prenant pour sujets des branches feuillées, tenant au pied vivant lui-même, et introduites non plus dans l'eau, mais dans une atmosphère formée d'air et d'acide carbonique sous une grande cloche de verre, il constata[1] que les feuilles et même les branches feuillées tout entières, en fonctionnant dans des conditions aussi semblables que possible aux conditions normales, émettent de l'oxygène qui ne présente pas d'indices de gaz combustibles. Enfin M. B. Corenwinder, faisant, à l'aide d'un appareil imaginé par lui, une étude spéciale de la même question, et l'envisageant dans toute sa généralité, est arrivé aussi à une solution nettement négative. Comme dans la généralité de ses expériences, il opérait à la campagne, dans un jardin, et sur des plantes vivant à l'état normal, tenues soit en pleine terre, soit en pots. Les propositions formelles qui résument les résultats de ses recherches sont : que les feuilles des plantes n'expirent jamais de gaz combustibles, ni pendant la nuit ni pendant le jour, ni à l'ombre ni au soleil; qu'on n'en trouve pas davantage dans les produits gazeux qui émanent des fleurs même les plus odoriférantes; que, lorsqu'on soumet un végétal à l'action du soleil, en présence d'une proportion notable d'acide carbonique, cet acide est absorbé avec rapidité, mais que les feuilles n'expirent pas de traces d'oxyde de carbone. Il ajoute qu'il n'existe pas sensiblement d'oxyde de carbone ni d'autres gaz combustibles dans l'atmosphère terrestre; enfin que, contrairement à ce qui a été dit par quelques auteurs, le fumier et les autres engrais, par leur putréfaction à l'air, n'exhalent pas de traces de ces mêmes gaz.

En résumé, l'absence de l'oxyde de carbone dans les produits gazeux de la respiration des plantes est aujourd'hui l'un des points qui semblent le plus solidement établis dans la science, et il n'y a plus lieu de faire intervenir ce gaz éminemment délétère, comme produit des végétaux, dans l'explication de l'insalubrité qui

[1] Lettre de M. Boussingault à M. Chevreul. (*Comptes rendus*, LVII, 1863, p. 412-414.)

distingue si tristement les parties marécageuses de la surface de la terre.

Les nombreux et importants travaux dont on vient de voir l'analyse ont complété la connaissance du phénomène, essentiel pour la vie des plantes, en vertu duquel les feuilles décomposent l'acide carbonique, sous l'influence de la lumière solaire, de manière à fournir ainsi du carbone à l'organisme, en même temps qu'elles opèrent à leur surface un dégagement corrélatif d'oxygène; tels sont la marche générale et l'effet de la respiration diurne pour les organes dont le parenchyme renferme de la chlorophylle. Y a-t-il des exceptions à cette loi importante de la vie végétale? Raffeneau-Delile avait cru en observer une dans une plante aquatique, d'une admirable beauté, le *Nelumbium speciosum*, ou le célèbre *Lotus* des anciens Égyptiens. Cultivant avec succès cette magnifique espèce au jardin botanique de Montpellier, il l'avait soumise à des expériences desquelles il s'était cru autorisé à conclure que ses grandes feuilles arrondies, dont les unes s'appliquent sur la surface de l'eau, tandis que les autres s'élèvent au-dessus du niveau de ce liquide et se creusent en coupe, auraient la faculté d'absorber l'air en nature pour l'introduire dans des canaux aériens intérieurs, d'où il sortirait ensuite, et sans avoir été sensiblement modifié dans sa composition, soit par des blessures pratiquées à dessein au pétiole, soit, dans l'état normal, par une sorte de disque central, que distinguent, à la face supérieure du limbe, et sa couleur et la présence de nombreux stomates; il y aurait ainsi, d'après lui[1], une absorption directe d'air atmosphérique en nature, ou une sorte d'aspiration effectuée par tous les points du limbe autres que le disque central, puis une circulation de cet air dans les canaux aériens intérieurs qui suivent les nervures et surtout le pétiole, enfin sortie de ce même air par les stomates du disque central. Il serait difficile de

[1] Évidence du mode respiratoire des feuilles du *Nelumbium*, par Raffeneau-Delile. (*Comptes rendus*, XIII. 1841. p. 688-691; *Annales des sciences naturelles*, 2e série. XVI, 1841, p. 328-332, 333-335.)

comprendre le rôle que jouerait dans le *Nelumbium* cet air aspiré en nature et conservant sa composition normale jusqu'à son expulsion. Aussi l'exposé de ces idées souleva-t-il immédiatement de sérieuses objections, et amena-t-il une polémique dans laquelle Dutrochet n'eut guère de peine à montrer[1] que le *Nelumbium* ne diffère réellement pas de la généralité des végétaux, quant à la marche de sa respiration, et que les faits constatés par Delile devaient recevoir une interprétation différente de celle que ce savant leur avait donnée.

A l'histoire des progrès accomplis par la science moderne relativement à la connaissance de la respiration chlorophyllienne, se rattache directement l'indication des notions, encore bien incomplètes, qui ont été acquises, dans ces dernières années, au sujet de la production d'ozone par les plantes. On sait que M. Schoenbein a désigné sous ce nom une substance gazeuse, caractérisée par l'odeur pénétrante qui l'a fait appeler ainsi et par la faculté oxydante qu'elle possède à un très-haut degré, mais au sujet de laquelle les chimistes ont émis des opinions assez diverses, puisque les uns n'y ont vu qu'un état moléculaire particulier de l'oxygène, qu'ils ont indiqué par la dénomination d'oxygène ozonisé; que d'autres l'ont regardée comme un état spécial de condensation de ce même gaz; enfin que M. Wurtz l'a considérée comme un peroxyde d'oxygène, l'état habituel de ce métalloïde étant considéré par lui comme un protoxyde[2]. La présence de cette singulière substance dans l'atmosphère, en proportions diverses le jour et la nuit, dans les villes et dans les campagnes où existe une végétation abondante, a pu être constatée, grâce au bleuissement plus ou moins intense qu'elle détermine sur des bandes de papier humide, imprégné d'amidon et d'iodure de potassium.

[1] Remarques à l'occasion d'une notice de M. Raffeneau-Delile, concernant le mode de respiration dans les feuilles du *Nelumbium*, par DUTROCHET. (*Comptes rendus*, XIII, 1841, p. 807-808, 877-882; *Annales des sciences natur.* 2e série, XVI, 1841, p. 332-333, 335-341.)

[2] *Leçons élém. de chimie moderne*, p. 88.

On doit à M. le professeur Kosmann, de Strasbourg, une suite instructive de recherches exécutées au moyen de ce papier ozonoscopique[1]. Opérant comparativement au centre de la ville, dans le jardin botanique, et en pleine campagne, dans le département du Haut-Rhin, cet observateur a commencé par déterminer journellement la proportion d'ozone qui existait en pleine atmosphère, le jour et la nuit, du 29 juillet au 21 août 1862. En fixant ensuite, aux mêmes moments et dans les mêmes localités, des bandes de papier ozonoscopique sur des feuilles, dans l'intérieur d'une touffe de plantes, ou en en introduisant dans des corolles encore fermées et au milieu de grappes de raisins non mûrs, il a obtenu des résultats d'un grand intérêt, qui peuvent être résumés de la manière suivante.

Du sein des feuilles, et plus généralement des parties vertes des plantes, il se dégage de l'ozone. Les feuilles en dégagent, pendant le jour, en quantité plus considérable que celle qui existe dans l'air ambiant. Pendant la nuit, là où les plantes sont clair-semées, cette différence entre l'ozone dégagé du sein des végétaux et celui de l'atmosphère devient nulle; mais, lorsqu'il y a une accumulation de plantes et qu'elles végètent vigoureusement, la nuit même l'ozone observé au voisinage immédiat de ces plantes est plus abondant que dans l'air; ce fait s'explique sans doute, selon M. Kosmann, parce que l'ozone qu'elles ont dégagé durant le jour continue à rester autour d'elles pendant la nuit, lorsque le temps est calme. Les plantes croissant à la campagne dégagent plus d'ozone que celles des villes pendant le jour, parce qu'elles végètent avec plus de vigueur. De cette observation on peut inférer que l'air de la campagne, des habitations qu'entourent de vastes jardins, des champs de Luzerne, de Trèfle, des forêts, etc. est plus vivifiant que celui des villes. Au sein des villes et d'une population concentrée, l'ozone existe dans l'atmosphère en plus grande abondance pendant la nuit que

[1] Études sur l'ozone exhalé par les plantes, par M. Kosmann. (*Comptes rendus*, LV, 1862, p. 731-736; *Ann. des sc. nat.* 4e série, XVIII, 1862, p. 111-117.)

pendant le jour; si on sort un peu de cette concentration des hommes et qu'on entre dans celle des plantes, on voit diminuer l'excès de l'ozone de la nuit sur celui du jour; enfin, si l'on pénètre plus avant dans la campagne, là où les plantes sont plus nombreuses que les hommes, on constate que l'ozone est en plus forte proportion dans l'air le jour que la nuit. La corolle, organe sans chlorophylle, ne dégage point d'ozone à son intérieur. Il est facile de reconnaître le rapport direct qui existe entre ces diverses circonstances de la production d'ozone par les végétaux et celles qui se lient à la réduction de l'acide carbonique par leurs parties vertes.

Il n'est peut-être pas hors de propos de rappeler ici brièvement une hypothèse émise avec toute réserve par M. Duchartre, relativement à l'action que l'ozone pourrait exercer sur la coloration de certaines fleurs développées en serre pendant l'hiver. C'est l'examen de la culture forcée du Lilas qui l'a conduit à cette idée. On sait en effet qu'en cultivant cet arbuste pendant l'hiver, à l'aide d'une forte chaleur, on en obtient une belle fleuraison, remarquable en ce que ses fleurs, qui auraient eu leur couleur naturelle si elles étaient venues à l'air libre et au printemps, restent blanches par cela seul qu'elles se développent en serre et en hiver. Les horticulteurs qui, à Paris et aux environs, se livrent à cette culture spéciale, et dont certains y consacrent une grande étendue de serres, font intervenir, en même temps qu'une température élevée, une privation de lumière plus ou moins complète; d'où il avait semblé naturel de penser que la décoloration de ces fleurs tenait surtout à l'influence de l'obscurité. Pour se fixer à cet égard, M. Duchartre a fait des expériences variées[1], dans lesquelles il a vu la décoloration se produire encore dans une serre vivement éclairée. Il a même vu un pied de Lilas donner des fleurs blanches sur une

[1] Expériences sur la décoloration du Lilas (*Syringa vulgaris* L.) dans la culture forcée, par M. P. Duchartre. (*Comptes rendus*, LVI, 1863, p. 939-945; *Bulletin de la Soc. botan. de France*, X, 1863, p. 301-303.)

branche qui, comme l'arbuste lui-même, était renfermée dans une serre, et des fleurs colorées sur une autre branche qui, passant à travers une ouverture pratiquée à dessein dans le vitrage, allait épanouir ses bourgeons à l'extérieur et en plein air. Il lui a semblé dès lors que cette singulière décoloration devait tenir à l'influence de l'atmosphère confinée de la serre; or, comme dans cette enceinte fermée une grande quantité de plantes accumulées produisent de l'ozone en abondance, il a supposé que cet agent éminemment actif et oxydant pouvait bien être la cause principale du phénomène remarquable que présente le Lilas élevé en culture forcée. Toutefois cette hypothèse séduisante n'a été avancée qu'avec la réserve que commandait l'absence de preuves directes.

§ 2. Respiration générale.

La réduction de l'acide carbonique opérée par les organes verts, sous l'influence de la lumière solaire, n'est pas le seul phénomène respiratoire qu'accomplissent les végétaux. Elle est tout à fait spéciale à ces organes, dont le parenchyme renferme de la chlorophylle, et pour eux-mêmes elle n'a lieu que grâce à l'insolation. Or non-seulement elle ne s'opère plus dans ces mêmes parties, quand elles sont soustraites à l'excitation que détermine en elles la lumière; mais encore elle ne s'effectue jamais dans les organes qui, sur les plantes ordinaires, sont dépourvus de couleur verte, ni chez certaines espèces végétales qui, dans l'ensemble de leurs parties, n'offrent pas la moindre trace de chlorophylle. La langue botanique désigne ces organes et ces plantes comme *colorés*, expression qui, ainsi employée, signifie seulement présentant une couleur autre que la verte. Dans ces différents cas, la respiration est inverse de celle qui vient de nous occuper, et elle amène non plus une décomposition, mais, au contraire, un dégagement d'acide carbonique. Ce dernier fait, étant beaucoup plus général que le premier, constitue la respiration générale des plantes, qu'on appelle souvent aussi respiration nocturne ou respiration des organes colorés. Uniforme, ou du moins peu variée dans sa marche,

n'ayant d'ailleurs qu'une influence subordonnée sur le développement des plantes auxquelles même elle a pour effet essentiel d'enlever une portion de leur carbone, elle a médiocrement attiré l'attention de nos physiologistes; toutefois elle a fourni encore à certains d'entre eux le sujet de travaux estimables qui ont concouru notablement aux progrès accomplis sous ce rapport par la science moderne. Il il est donc nécessaire de donner une idée de ces travaux, que la diversité des points de l'organisation ou des catégories de plantes auxquels ils se rapportent permet de soumettre à une sorte de classement.

A. *Respiration des plantes colorées.* Dans nos contrées, les Orobanches sont les plus répandus et les plus connus d'entre les végétaux phanérogames dépourvus de chlorophylle. On a déjà vu plus haut qu'elles ont fourni le sujet de quelques études anatomiques; elles n'ont pas été non plus négligées sous le rapport de leur physiologie. C'est principalement à M. Lory[1] qu'on doit les recherches les plus approfondies à leur sujet. Ces recherches avaient un intérêt tout particulier comme pouvant faire connaître la marche générale de la végétation dans ces plantes, dont la nutrition ne se conçoit guère que dans les cas, les plus fréquents du reste, où, étant parasites, elles reçoivent une nourriture déjà toute élaborée.

Le résultat général des expériences faites par M. Lory est exprimé par lui en termes qui confirment pleinement ce qu'on avait avancé auparavant sur le même sujet. A toute époque de leur végétation, dit cet observateur, toutes les parties des Orobanchées, soit à la lumière solaire, soit dans l'obscurité, absorbent l'oxygène de l'air et dégagent à sa place de l'acide carbonique. L'exposition aux rayons directs du soleil n'exerce d'influence sur cette respiration qu'en vertu de l'élévation de température, qui rend plus active encore la production de l'acide carbonique. En-

[1] Observations sur la respiration et la structure des Orobanches, par M. Ch. Lory; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4° de 18 pages, Paris, 1866. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, VIII, 1847, p. 158-172.)

fermées dans un volume connu d'air, soit normal, soit mélangé d'acide carbonique, ces plantes ne l'ont fait varier que d'une quantité inappréciable. L'analyse a montré que, dans ce cas, la somme de l'oxygène et de l'acide carbonique reste, à très-peu de chose près, invariable, la proportion d'azote étant supposée constante. Toutefois il y a presque toujours une petite différence en moins. Dans un mélange d'air et d'acide carbonique, la plante se comporte comme dans l'air; mais naturellement, toutes choses égales d'ailleurs, elle absorbe une moindre quantité d'oxygène. Dans une atmosphère d'hydrogène pur, les plantes dépourvues de chlorophylle dégagent une forte proportion d'acide carbonique et un peu d'azote, fait qui montre, selon la remarque de M. Lory, que le dégagement de ces gaz ne correspond point directement à l'absorption de l'oxygène, et qu'il résulte simplement, ainsi que chez les animaux, des réactions qui s'accomplissent dans les tissus. Quant au volume de l'oxygène absorbé par ces plantes, il est, d'après le même savant, égal à quatre fois celui de la plante en fleurs, pour l'*Orobanche Teucrii* placé dans l'air, à la température moyenne de 18°, et pendant l'espace de trente-six heures; cette quantité revient à 4,2 centimètres cubes par gramme, et elle correspond à une perte de 2,26 milligrammes de carbone par gramme de la substance végétale. Le phénomène perd notablement de son intensité après la fleuraison, et la production d'acide carbonique se réduit alors à 2,68 centimètres cubes par gramme de la plante ayant ses fleurs flétries, pour un espace de trente-six heures.

Puisqu'une Orobanche détruit plus d'oxygène et forme plus d'acide carbonique pendant sa fleuraison que lorsque ses fleurs sont flétries, il était fort à présumer que, sur un pied fleuri, la portion florifère l'emporterait également, sous ce rapport, sur celle qui est placée au-dessous de l'inflorescence; c'est en effet ce qu'a constaté M. Lory, à qui l'analyse a montré que la portion florifère de la tige de l'*Orobanche brachysepala*, détruit, dans le même espace de temps et toutes choses égales d'ailleurs, deux fois un tiers autant

d'oxygène que le reste de la même tige. Dans cette partie florifère de la plante, ce sont les fleurs mêmes qui agissent avec la plus grande énergie.

Si les plantes dépourvues de chlorophylle se bornent à céder incessamment à l'atmosphère une partie de leur carbone, avec un peu d'azote et d'hydrogène, il faut nécessairement que, pour se nourrir, elles reçoivent une nourriture toute préparée. Celles qui vivent en parasites, et ce sont les plus nombreuses, puisent cette nourriture, au moyen de leurs suçoirs, dans les tissus des végétaux auxquels elles s'attachent; quant à celles qui vivent libres et indépendantes, ou dont le parasitisme paraît être uniquement temporaire, il est au moins difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, de s'expliquer comment elles se nourrissent. M. Lory est porté à supposer qu'elles ont la faculté de réorganiser à leur profit les produits immédiats de la décomposition des matières végétales qui abondent dans les lieux frais et boisés où elles croissent d'habitude. Il semble d'ailleurs probable qu'il en est de même pour beaucoup de vraies parasites qui n'ont que des points de connexion fort peu étendus avec leur plante nourricière.

La difficulté vraiment sérieuse qu'on rencontre quand on veut se rendre compte de la nutrition des plantes colorées a suggéré une autre hypothèse, qui néanmoins, tout ingénieuse qu'elle est, a été présentée par son auteur avec une extrême réserve. Ayant vérifié par l'expérience la parfaite exactitude des énoncés formulés par M. Lory, M. Chatin[1] a été frappé comme lui de ce que, dégageant constamment de l'acide carbonique, les plantes dont il s'agit semblaient ne pouvoir que perdre du carbone, et que leur accroissement échappait ainsi à toute explication basée sur les données connues en physiologie. Mais ses études sur l'anatomie des végétaux de cette catégorie lui avaient fait reconnaître, dans les cellules de

[1] Sur la respiration des Orobanches, par M. Chatin. (*Bull. de la Société botanique de France*, III, 1856, p. 660-662.)

leur épiderme et de leur parenchyme externe, la présence de gouttelettes d'une matière huileuse, solidifiable avec le temps par l'action de l'air. Ayant isolé ce principe huileux, et l'ayant placé au soleil, étendu sur un verre de montre plat, sous une cloche remplie d'oxygène, il a vu que ce gaz ne tardait pas à être absorbé partiellement et à être remplacé par une quantité presque équivalente d'acide carbonique. En même temps que le gaz acide se produisait, l'huile se concrétait en se résinifiant, absolument, dit-il, comme il arrive dans les Orobanches elles-mêmes par les progrès de la végétation, ou quand elles se dessèchent au contact de l'air. Cette observation l'a porté à supposer que, outre la formation d'acide carbonique due à la combinaison de l'oxygène atmosphérique avec le carbone de la matière huileuse par là transformée en résine, il pourrait se produire un phénomène plus profond, plus intime, qui consisterait en une fixation de carbone et une exhalation d'acide carbonique. « Seulement alors, dit-il, ce second phénomène, moins « intense que le premier, serait masqué par lui, de telle sorte que « le résultat donné par les expériences faites jusqu'à ce jour ne « représenterait autre chose que la prédominance d'une action sur « l'autre. » Il est inutile de dire combien est sage la réserve et presque la défiance avec laquelle M. Chatin hasarde cette hypothèse, séduisante sans doute, mais en faveur de laquelle il serait peut-être difficile de trouver un argument dans les faits connus jusqu'à ce jour.

B. *Respiration des fleurs.* Les organes de la fleur, et parmi eux surtout ceux par lesquels s'effectue la reproduction des plantes, c'est-à-dire les étamines et les pistils, avant tout les premières, ont une respiration énergique, identique à celle des parties colorées en général. Ils absorbent de l'oxygène en proportion tellement considérable, que Th. de Saussure l'a vue s'élever jusqu'à trente fois le volume de certains d'entre eux; combinant ensuite ce gaz avec une portion de leur propre carbone, ils donnent lieu à une production et par suite à un dégagement d'acide carbonique. Cette

oxydation énergique ne peut s'opérer sans émission de chaleur; aussi là où le phénomène acquiert sa plus grande intensité, là surtout où les organes reproducteurs sont groupés ou bien rapprochés en grand nombre, leurs actions individuelles s'ajoutent et donnent ainsi lieu à un effet général assez puissant pour devenir non-seulement appréciable, mais parfois même capable d'attirer l'attention des personnes les moins prévenues. Pour la généralité des fleurs ordinaires, la déperdition immédiate de la chaleur produite, due au contact de l'air, dissimule ce phénomène; mais, dans quelques-unes, la production en est assez intense pour que le thermomètre l'accuse nettement; ainsi, parmi les fleurs solitaires, les moins favorables de toutes à ce genre d'observations, celle du *Victoria regia* Lindl. peut s'échauffer de 6° cent. au-dessus de la température de l'air ambiant, comme nous l'ont appris les recherches de M. J.-E. Planchon.

Mais ce sont principalement les Aroïdées que leur organisation rend propres à la manifestation de cet étrange phénomène. En effet, chez elles, un grand nombre d'organes reproducteurs, soit normaux, soit plus ou moins atrophiés, se groupent, s'unissent même pour former les masses florales qu'on nomme leurs spadices. Par l'effet de ce groupement, il se produit dans ces mêmes masses un réchauffement tel, que, dès 1777, il avait frappé notre savant et ingénieux Lamarck; que plus tard, et sur diverses espèces de cette grande famille, on l'a vu élever un thermomètre de 8, 11, et même, en plaçant l'instrument au centre d'un faisceau de spadices, de 25° cent. au-dessus de la température de l'air ambiant.

Plusieurs physiologistes, depuis le commencement de ce siècle, ont porté leur attention sur ce curieux phénomène; mais la plupart d'entre eux, comme M. Goeppert, en Allemagne, MM. Vrolik et de Vriese, en Hollande, M. Ad. Brongniart, en France, l'ont étudié spécialement au point de vue physique : M. Garreau l'a considéré, au contraire, plus particulièrement sous le rapport chimique; son

travail, qui jette beaucoup de jour sur ce sujet curieux, mérite une mention spéciale[1].

Avant lui, les botanistes qui s'étaient occupés de cette question avaient pensé qu'il existait une relation entre l'oxygène consommé par le spadice et la chaleur qu'il dégageait; mais ils n'avaient pas donné la mesure précise de cette relation. C'est précisément à cela que s'est attaché M. Garreau. Dans ce but, il a construit un appareil qui mettait en évidence à la fois la consommation d'oxygène par l'inflorescence de l'*Arum italicum* et la production de chaleur qui en résulte. C'est dans cet appareil qu'il plaçait un spadice, dès le moment où il commençait à s'échauffer, en ayant soin d'enfoncer dans du sable humide la portion inférieure de la hampe qui le portait. Les trois expériences dont il expose en détail les résultats dans son mémoire montrent que les heures où la chaleur a été la plus forte sont aussi celles où l'oxygène disparu est arrivé au chiffre le plus haut, et en même temps que celui des spadices mis en expérience dont le réchauffement a été le plus prononcé est également celui qui a consommé le plus d'oxygène. Pour citer des chiffres, aux températures (au-dessus de celle de l'air) de 5°,5, 6°,1, 7°,3, ont correspondu des volumes d'oxygène consommé égaux à 16,1, 16,9 et 17,3 fois la masse des spadices observés. L'étude anatomique ayant montré au savant de Lille que le spadice de l'*Arum italicum* a ses cellules superficielles relevées en cônes saillants au dehors et non recouvertes de cuticule, au moins dans ses deux tiers supérieurs, cette disposition, qui agrandit considérablement la surface en contact avec l'air, lui a semblé devoir faciliter à un haut degré l'absorption de l'oxygène. De là sa conclusion générale et définitive est que la chaleur qui se manifeste dans le spadice de cet *Arum* croît avec la quantité d'oxygène que cet organe consomme dans un temps donné, et que l'intensité

[1] Mémoire sur les relations qui existent entre l'oxygène consommé par le spadice de l'*Arum italicum*, en état de paroxysme, et la chaleur qui se produit, par M. Garreau. (*Ann. des sciences nat.* 3e série, XVI, 1851, p. 250-256, pl. 20.)

qu'elle acquiert s'explique par la disposition des cellules qui en forment la couche superficielle.

Récemment M. Cahours a repris l'étude de la respiration des fleurs en général, sujet déjà traité, en 1822, avec beaucoup de soin et de détails, par Th. de Saussure. Il a ainsi confirmé, par ses analyses [1], les résultats obtenus par le célèbre chimiste de Genève, en y ajoutant quelques données complémentaires. Il a constaté notamment que l'odeur des fleurs, quelque forte qu'elle puisse être, n'influe pas sur l'énergie avec laquelle elles absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique; que les phénomènes respiratoires s'exécutent avec un peu plus d'intensité dans la fleur pendant sa jeunesse que lorsqu'elle est arrivée à son développement complet; enfin il a reconnu que, pour les organes floraux, comme pour les plantes colorées (M. Lory), la lumière n'active la respiration qu'en tant qu'elle détermine une élévation de température.

C. *Respiration des fruits.* Les fruits présentent cette particularité remarquable, bien établie dans un beau mémoire de Th. de Saussure (1821), qu'ils sont le siége de phénomènes respiratoires entièrement différents aux deux périodes qu'on peut, avec ce savant illustre, distinguer dans toute la suite de leur développement. Tant qu'ils sont de couleur verte et qu'ils grossissent rapidement, ils participent non-seulement à la coloration, mais encore à la physiologie des feuilles; lorsque, ayant atteint ou à fort peu près leur volume définitif, ils commencent à se colorer de teintes diverses, souvent très-vives, et que leur substance subit les changements qui déterminent la maturation, ils n'exercent plus que la respiration générale caractérisée par un dégagement d'acide carbonique. A ces deux périodes on pourrait, à la rigueur, en ajouter une troisième, à l'exemple de M. Frémy; ce serait, pour les fruits charnus, celle du blettissement; mais celle-ci sort, à proprement parler, du domaine des études physiologiques pour entrer dans celui de la chimie

[1] Recherches sur la respiration des fleurs, par M. Cahours. (*Comptes rendus*, LVIII, 1864, p. 1206-1209.)

pure, ces parties des plantes n'ayant plus alors l'activité vitale qui les avait amenées à leur maturité et devenant le siége d'une fermentation, d'une décomposition qui finiront par les détruire et par mettre ainsi les graines en liberté.

Pendant la série des vingt-cinq années auxquelles s'étend ce Rapport, je ne sache pas que les savants français aient rien ajouté à nos connaissances sur les phénomènes que les fruits accomplissent pendant leur accroissement. Mais deux d'entre eux, MM. Cahours et Chatin, ont fixé leur attention sur certaines des particularités physiologiques dont les fruits sont le siége, une fois qu'ils sont parvenus à leur maturité.

M. Cahours[1] s'est proposé spécialement de déterminer la nature des gaz que contient le jus des fruits mûrs, afin d'en déduire la respiration qui leur a donné naissance. Il a expérimenté principalement sur des oranges et des citrons bien mûrs; il en a extrait le suc duquel il a retiré ensuite les matières gazeuses par l'application de la chaleur. Il a reconnu ainsi que le jus des oranges fournit, en moyenne, 8 pour 100 de son volume en gaz composé de 4/5 d'acide carbonique pour 1/5 d'azote, tandis que celui des citrons ne donne que 6 pour 100 d'un mélange gazeux comprenant 7 parties d'acide carbonique pour 3 d'azote. Ces mêmes proportions relatives se sont trouvées encore dans le jus des grenades, tandis que l'acide carbonique s'est montré en quantité beaucoup plus faible relativement à l'azote dans le jus des pommes et surtout des poires. Or, se demande ce chimiste, d'où proviennent ces gaz des fruits dont il faut dire que la composition avait été reconnue antérieurement? Dérivent-ils de l'air atmosphérique dont l'oxygène introduit par endosmose aurait déterminé la production de l'acide carbonique par un phénomène de combustion lente, ou bien cet acide ne serait-il pas plutôt le résultat d'une fermentation qui se serait opérée dans le suc lui-même, à une certaine période de la maturation?

[1] Recherches sur la respiration des fruits, par M. Cahours. (*Comptes rendus*, LVIII, 1864, p. 495-500, 653-656.)

Cette dernière hypothèse lui semble plus vraisemblable. D'un autre côté, l'expérience lui a fait voir que les mêmes fruits mûrs, enfermés dans une éprouvette pleine d'air normal, enlèvent à celui-ci son oxygène, qu'ils remplacent par un volume sensiblement égal d'acide carbonique, ainsi qu'on le savait déjà; et, en outre, que, placés dans de l'azote, de l'hydrogène, ou dans tout autre gaz inerte, ils augmentent graduellement le volume de cette atmosphère en y versant de l'acide carbonique, en quantités croissantes de jour en jour. Des analyses successives ont démontré que cet acide est dû à des transformations intestines qui s'accomplissent avant que commence la décomposition, et qui, bien que s'opérant avec une régularité parfaite, sont indépendantes de l'oxygène extérieur, puisqu'elles ont lieu même dans une atmosphère où il manque.

Quant à M. Chatin, il n'a donné qu'une note succincte [1], détachée d'un travail plus étendu et inédit, dans laquelle il a eu pour principal objet de formuler cet énoncé, que la production croissante d'acide carbonique par les fruits, dans leur période de ramollissement d'abord et ensuite de blettissement, est due, non à une fermentation, mais bien à la destruction des matières tannoïdes, qu'on voit en effet disparaître généralement, à cette époque, dans la substance du péricarpe. Toutefois M. Cahours a fait observer que, si cette manière d'expliquer la formation d'acide carbonique qu'on observe alors dans les fruits est plausible au sein de l'oxygène ou de l'air, elle n'est plus admissible dans le cas d'une atmosphère d'azote ou d'hydrogène. En somme, et malgré les réflexions judicieuses présentées par M. Frémy [2] pour concilier ces deux interprétations divergentes, toute incertitude est loin d'avoir disparu à cet égard.

D. *Respiration dans l'obscurité.* On l'a déjà vu plus haut, les

[1] Études sur la respiration des fruits, par M. Chatin. (*Comptes rendus*, LVIII, 1864, p. 576-579; *Bull. de la Société botanique de France*, XI, 1864, p. 93-95.)

[2] *Comptes rendus*, LVIII, 1864, p. 656-657.

feuilles et les organes verts en général ne décomposent l'acide carbonique, et n'enrichissent par conséquent la plante en carbone, que lorsqu'ils ressentent l'excitation que détermine en eux la lumière solaire. Soustraits à l'influence de cet énergique stimulant et placés à l'obscurité, ils deviennent physiologiquement assimilables aux organes dépourvus de chlorophylle : loin de réduire l'acide carbonique, ils en forment aux dépens d'une portion de leur propre carbone qui se combine dans leurs tissus avec de l'oxygène pris par eux à l'air ambiant. Par une conséquence naturelle, au lieu d'accroître alors le poids du végétal, ils le diminuent; au lieu d'améliorer l'atmosphère au point de vue de la respiration animale, ils la vicient. Il est bon toutefois de faire observer que la diminution de poids qu'ils déterminent alors ne porte que sur la matière végétale solide et supposée sèche, car l'eau s'accumule en même temps dans les tissus dont elle peut dissimuler l'appauvrissement réel, si l'on ne considère le végétal qu'à l'état frais.

Ces notions essentielles étaient acquises à la science; mais il y avait pour elle une utilité réelle à ce qu'elles fussent appuyées sur des expériences démonstratives et des mesures précises; c'est le service que lui a rendu récemment M. Boussingault[1]. Prenant l'être végétal à son origine, il a pesé des graines les unes pourvues d'un albumen, c'est-à-dire d'un amas de matières nutritives extérieur à l'embryon (Maïs, Froment), les autres privées d'albumen, mais ayant les cotylédons de leur embryon très-développés et gorgés de matières destinées à servir d'aliment à la jeune plante qui doit provenir du développement de cet embryon (Pois, Haricot). Ces graines ont été semées dans des vases qu'on a laissés constamment à l'obscurité. Les plantes qui en sont provenues ont formé, comme toujours en pareil cas, des tiges grêles, allongées, trop faibles pour se soutenir, et leur couleur générale était cette teinte générale d'un jaune pâle qui est le signe le plus apparent d'un étiolement complet.

[1] De la végétation dans l'obscurité, par M. Boussingault. (*Comptes rendus*, LVIII, 1864, p. 881-888, 917-922; *Ann. des sc. nat.* 5e série, I, 1864, p. 314-324.)

Pesées après dessiccation complète, au bout d'un espace de temps qui s'est élevé, dans certains cas, à cinquante et même à cinquante-six jours, elles ont eu constamment un poids très-notablement inférieur à celui de la semence. Leur perte s'exprimait toujours (sauf un seul cas anormal) par du carbone et de l'eau. Citons des exemples : 46 grains de Froment pesant, supposés secs, $1^{gr},665$, ont donné des plantes longues de 2 à 3 décimètres, qui, cinquante jours après le semis, ne pesaient, ayant été desséchées, que $0^{gr},713$. La perte avait donc été de 42 pour 100. Un grain de Maïs, du poids de $0^{gr},5292$, a donné, en vingt jours, un pied haut de $0^{m},20$, qui ne pesait que $0^{gr},2900$. La diminution avait été de 45 pour 100. 22 grains de Maïs, pesant en réalité $9^{gr},838$, et desséchés $8^{gr},636$, ont été semés dans de la pierre ponce humectée d'eau pure. Au bout de vingt jours, ils avaient donné, à l'obscurité continue, autant de plantes dont le poids a été trouvé, à l'état frais, de $73^{gr},26$, après dessiccation, de $4^{gr},529$. La perte avait donc été de près de moitié. Enfin 10 graines de Pois qui pesaient, supposées sèches, $2^{gr},237$, ont produit, en cinquante-six jours, des plantes longues d'un mètre, dont une commençait à se flétrir, et que la dessiccation a réduites à $1^{gr},161$. La perte avait été, dans ce cas, de 52,9 pour 100.

Il était curieux, pour rendre plus saillante encore l'influence de l'obscurité sur la végétation, d'élever comparativement de jeunes plantes de la même espèce les unes à la lumière, les autres dans une chambre non éclairée. M. Boussingault a fait cette expérience sur deux Haricots qu'il a semés également dans un sol de pierre ponce calcinée et humectée avec de l'eau pure. L'un pesant frais $1^{gr},077$, et, supposé sec, $0^{gr},926$, a donné, en vingt-six jours et à l'obscurité, un pied haut de $0^{m},44$, qui, après dessiccation, n'a pesé que $0^{gr},566$ ; l'autre, pesant, supposé sec, $0^{gr},922$, a produit, dans le même espace de temps, une plante haute de $0^{m},22$, qui portait huit feuilles bien vertes, et qui, desséchée, a pesé $1^{gr},293$. Il y avait donc eu pour la première une perte de $0^{gr},360$, pour la dernière

un gain de 0$^{gr}$,371. L'analyse a montré que la perte et le gain s'exprimaient également par du carbone et de l'eau.

Ces expériences instructives montrent qu'une jeune plante, pour se développer à l'abri de la lumière, emprunte les éléments solides de sa croissance à la graine d'où elle sort, et que l'air intervient dans cette végétation uniquement par son oxygène qui agit comme corps comburant. A ce propos, l'éminent chimiste fait une réflexion importante; on se tromperait beaucoup, fait-il observer, si l'on admettait qu'un végétal s'organise et prend un accroissement considérable en perdant constamment de la matière. En effet, entre l'embryon, renfermé dans la graine et souvent réduit à de très-faibles dimensions, et la plante telle qu'elle se présente quelques jours après la germination, il y a une énorme différence de proportions. Il faut donc ne pas oublier que la perte éprouvée par celle-ci, relativement au premier, porte sur les matières solides que la dessiccation respectera et dont la balance accusera toujours la présence; l'eau qui entre pour une part considérable dans la constitution de la plante fraîche s'y accumule en quantité beaucoup plus grande dans l'obscurité qu'elle ne le ferait à la lumière; et c'est surtout grâce à elle qu'on voit se produire, dans ce cas, une tige plus longue même qu'elle ne l'aurait été dans les conditions normales de la végétation, et qui cependant se réduit, par la seule dessiccation, à un poids moindre que celui de la graine d'où elle est provenue. C'est ainsi qu'on a vu 22 grains de Maïs, contenant 8$^{gr}$,636 de matière sèche, produire, en vingt jours, 73$^{gr}$,26 de plantes fraîches que la dessiccation a réduites à 4$^{gr}$,529. En outre, les matières solides amassées dans les cotylédons de l'embryon ou dans l'albumen qui accompagne celui-ci fournissent, avec les éléments de l'eau, les principes nécessaires pour la formation des tissus de la plante; ils se déplacent donc et changent d'état, mais tout en diminuant de quantité, grâce à la respiration.

Ce fait des plantes qui trouvent dans la graine les éléments de leur nutrition première conduit M. Boussingault à comparer, comme

on l'a fait bien souvent, la semence des végétaux à l'œuf des animaux. Dans l'un et l'autre, il trouve à peu près identiquement les mêmes matières; seulement peut-être serait-il juste de dire que cette assimilation est rigoureuse dans les cas où l'embryon est accompagné d'un albumen, sans connexion organique avec lui, mais non dans ceux où ce sont les cotylédons, ou même la tigelle très-développée (embryons macropodes), c'est-à-dire une partie essentielle de l'être lui-même, qui a servi de réservoir pour les matières nutritives.

Un autre rapprochement du plus haut intérêt, c'est qu'une plante qui naît et vit dans l'obscurité, jusqu'au moment où elle aura consommé toute la provision d'aliments que renfermait la graine, se comporte constamment comme un animal, ses phénomènes respiratoires se réduisant, comme pour celui-ci, à une combustion. Même tandis que la combustion respiratoire modifie une portion de l'albumine consommée par l'animal en un composé azoté cristallin, l'urée, qu'on rencontre dans ses excréments, le végétal vivant à l'obscurité forme, de son côté, dans les sucs qui occupent ses cellules, un principe immédiat cristallin, l'asparagine, qui est un amide comme l'urée, et qui se transforme en aspartate d'ammoniaque aussi facilement que l'urée en carbonate d'ammoniaque. Ce sont là des analogies d'une importance évidente que notre éminent chimiste fait justement ressortir.

Nous terminerons ce paragraphe en y mentionnant une note intéressante[1], dans laquelle M. Émery présente des réflexions judicieuses, relativement à l'influence de l'obscurité sur la végétation, mais qui n'est guère destinée qu'à indiquer un plan de recherches à faire plutôt que déjà faites.

E. *Rapports des plantes avec l'azote de l'air.* Par leur respiration chlorophyllienne, propre aux organes verts, les plantes agissent sur l'acide carbonique de l'atmosphère; par leur respiration générale,

[1] Nouvelles recherches sur l'étiolement, par M. H. Émery. (*Journal de la Société d'Horticulture de Seine-et-Oise*, 1863, 15 pages.)

elles absorbent l'oxygène de l'air; mais l'enveloppe gazeuse de notre globe est composée en majeure partie d'un autre élément gazeux, l'azote, et cet élément joue un rôle important dans la formation des organismes végétaux, surtout pendant leur jeunesse et leur plus grande activité. On est donc conduit naturellement à se demander si ce n'est pas, au moins partiellement, en absorbant l'azote de l'air que les plantes se procurent la proportion toujours assez faible de ce corps simple dont elles ont besoin pour constituer et développer leurs diverses parties. Aussi, dès qu'il connut la composition de l'air atmosphérique, Priestley se posa cette question, et une expérience fort peu rigoureuse lui sembla fournir des raisons suffisantes pour autoriser une réponse affirmative. Plus tard, Th. de Saussure, à son tour, porta son attention sur ce sujet, dont l'importance est d'autant plus grande qu'il intéresse à la fois la physiologie et la culture; et bientôt des recherches expérimentales beaucoup plus concluantes que celles du célèbre savant anglais l'amenèrent à nier l'absorption directe qui avait été admise par celui-ci.

Cependant, même après les travaux de Th. de Saussure, la réponse négative qu'il avait formulée n'était pas regardée comme appuyée sur des preuves suffisantes; d'ailleurs, une autre interprétation des faits observés avait été introduite dans la science et méritait d'être soumise à son tour au contrôle d'une expérimentation précise et démonstrative. En effet, les progrès de la chimie moderne ayant appris que l'air est toujours mélangé d'une quantité extrêmement faible de vapeurs ammoniacales, certains auteurs ont pensé que c'est sous cette forme de vapeurs ammoniacales que l'azote arrive de l'atmosphère aux végétaux. Telle est, notamment, l'opinion exprimée en termes formels par M. Liebig. Les physiologistes ont donc vu s'ouvrir devant eux un vaste champ d'expériences, et plusieurs d'entre eux n'ont pas négligé l'occasion qui s'offrait d'étendre de ce côté le domaine de la science.

C'est surtout M. Boussingault qui, parmi nous, s'est préoccupé

sérieusement de cette grave question. Dès l'année 1838, par conséquent avant le commencement de la période qu'embrasse ce Rapport, il avait fait de nombreuses expériences comparatives (voyez *Annales de chimie et de physique*, LXVII et LXIX), d'un côté sur la végétation du Pois et du Trèfle, pris dans la famille des Légumineuses, de l'autre sur le Froment et l'Avoine, choisis comme exemples du grand groupe naturel des Graminées. De ces expériences il avait conclu : 1° que, durant la culture du Trèfle dans un sol absolument privé d'engrais, et sous la seule influence de l'air et de l'eau, cette plante prend du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et une quantité d'azote appréciable par l'analyse; que les Pois semés dans un sol absolument stérile et arrosés avec de l'eau pure peuvent acquérir un développement complet et accomplir toutes les phases de leur végétation, jusqu'à donner des graines d'une maturité parfaite, l'azote y faisant partie des éléments pris à l'eau ou prélevés sur l'atmosphère, et qui se sont assimilés dans la plante; 2° que le Froment et l'Avoine, cultivés dans les mêmes conditions, empruntent également à l'air et à l'eau du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, mais pas la moindre quantité d'azote. Ainsi les Légumineuses auraient pu puiser de l'azote dans l'atmosphère, en vertu d'une faculté dont les Graminées auraient été privées. Toutefois ces expériences ne permettaient pas de dire sous quelle forme l'azote atmosphérique aurait été pris par les Légumineuses.

Plus tard, dans la seconde édition de son *Économie rurale* (vol. I, p. 77), qui porte la date de 1851, le même savant, sans s'exprimer catégoriquement, laisse entrevoir qu'à ses yeux, comme à ceux de Th. de Saussure et de M. Liebig, c'est sous la forme de vapeurs ammoniacales que les plantes prennent l'azote de l'air. « L'azote, « dit-il, peut entrer dans l'organisme des plantes directement, ou à « l'état de dissolution dans l'eau toujours aérée qui est aspirée par « les racines. Les observations des physiologistes ne sont pas favo« rables à cette opinion. Il est possible aussi que cet élément ait

«pour origine les vapeurs ammoniacales qui existent en petite «quantité dans notre atmosphère. Ces vapeurs passeraient dans «l'eau de pluie et de là dans les plantes, où elles seraient élabo«rées.» Les développements qui suivent ce passage, dans l'ouvrage, semblent avoir pour objet de présenter cette dernière hypothèse comme vraisemblable.

En 1851, M. Boussingault a repris avec un soin tout particulier l'étude approfondie de l'absorption de l'azote atmosphérique, la solution de cette question étant regardée justement par lui comme d'un intérêt majeur, soit au point de vue de la physiologie végétale, soit à celui de la théorie de la fertilité du sol. «En effet, dit-il, si «le gaz azote n'est pas assimilable, si son rôle est borné à tempé«rer en quelque sorte l'action du gaz oxygène auquel il est mêlé, «on conçoit, dans les engrais, l'utilité de matières organiques qui, «par suite de leur décomposition spontanée, apportent aux plantes «les éléments des principes azotés qu'elles élaborent. Si, au con«traire, l'azote est fixé pendant l'acte de la végétation, s'il devient «ainsi partie intégrante du végétal, on est tout naturellement con«duit à cette conséquence, que la plus grande part des propriétés «fertilisantes des fumiers réside dans les substances minérales, dans «les phosphates, les carbonates terreux et alcalins qui s'y rencon«trent toujours en proportion notable; car l'élément azoté serait «alors surabondamment fourni par l'air atmosphérique.» Ses recherches expérimentales à ce sujet, poursuivies pendant quatre années consécutives, lui ont fourni la matière de l'un des travaux les plus complets et les plus concluants que possède la science. Après avoir été d'abord publié partiellement dans différents recueils[1], ce travail a été ensuite présenté dans son ensemble, par son savant

[1] Recherches sur la végétation, entreprises dans le but d'examiner si les plantes fixent dans leur organisme l'azote qui est à l'état gazeux dans l'atmosphère, par M. Boussingault. (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, I. 1854, p. 241-291, pl. 16.)—Recherches sur la végétation, par le même. (*Comptes rendus*, XXXIX, 1854, p. 601-613; *Annales des sciences naturelles*, 4e série, II. 1854, p. 357-370.)

auteur, dans un ouvrage récent, dans lequel ont été consignés tous les détails des expériences, ainsi que ceux des appareils employés et des méthodes adoptées[1].

La méthode suivie pour ces recherches consistait à déterminer d'abord la quantité d'azote contenue dans une graine, ensuite celle que renfermait la plante issue d'une graine semblable à celle qui avait été l'objet de la première détermination, cette plante ayant végété dans des conditions telles que tout concours de substances organiques azotées eût été sévèrement éloigné. L'analyse devait, en effet, montrer si la récolte renfermait une quantité d'azote égale ou supérieure à celle qui s'était trouvée dans la graine. Toutes les précautions étaient prises pour rendre ces analyses rigoureuses et concluantes. Les graines étaient semées dans de la ponce réduite en petits fragments lavés, calcinés et refroidis avec un soin minutieux, qu'on humectait avec de l'eau exempte d'ammoniaque. Cette ponce était calcinée dans un creuset percé à son fonds, qui servait ensuite de pot pour la culture; le tout était placé sous une grande cloche de verre reposant dans une large cuvette qui contenait de l'eau additionnée d'acide sulfurique. Le bord de la cloche plongeait dans ce liquide. Après avoir été calcinée, la ponce était mélangée d'un peu de cendre (1 à 10 grammes) obtenue du fumier de ferme par une incinération opérée à une température peu élevée, et le plus souvent aussi on y ajoutait de la cendre provenant de graines semblables à celles qui fournissaient les sujets de l'expérience. Les plantes nées des graines semées dans ces conditions végétaient dans l'atmosphère confinée de la cloche, et cette atmosphère, dépouillée d'ammoniaque, n'était point renouvelée, par ce motif que, si l'on fait passer l'air avec rapidité dans un appareil de ce genre, on n'est pas certain de retenir toute la vapeur ammoniacale, tous les corpuscules organiques dans les tubes à ponce sulfurique qu'on lui fait d'abord traverser en vue de le débarrasser de ces corps. Un tube

[1] Agronomie, chimie agricole et physiologie, par M. Boussingault, t. Ier, p. 1-154. Paris, 1860.

recourbé et muni d'un robinet permettait d'introduire à volonté, sous la cloche, de l'acide carbonique, et un autre donnait le moyen d'arroser avec de l'eau pure. Tout l'appareil était placé dans un jardin, et, à l'époque des chaleurs, préservé d'une insolation trop forte au moyen d'un écran de calicot. Chaque expérience n'a porté que sur une ou deux plantes, nombre égal à celui des graines semées, de telle sorte que le sol ne renfermât jamais qu'une très-faible quantité de débris organiques. Deux séries d'expériences ont été faites en 1851 et 1852, au moyen de l'appareil dont il vient d'être donné une idée; une troisième série a été exécutée en 1853, dans un appareil un peu différent, dans lequel la cloche de verre était remplacée par un très-grand ballon. Au fond de celui-ci, la ponce employée pour sol formait un petit tas conique dans le haut duquel était semée une graine. L'appareil étant toujours fermé, l'eau exempte d'ammoniaque avec laquelle on avait mouillé la ponce restait toujours la même, et l'acide carbonique, ajouté à l'atmosphère confinée, venait d'un petit ballon qu'on adaptait à l'orifice du grand récipient : on supprimait ainsi les tubes adducteurs. Les expériences étaient donc encore plus rigoureuses que dans le premier cas. Les plantes qui ont servi de sujets sont: le Haricot nain et le Flageolet, le Lupin blanc, l'Avoine. Chacune a été mise plusieurs fois en observation pendant des espaces de temps plus ou moins considérables, qui, dans différents cas, ont été de deux, trois et même cinq mois.

Le résultat général de ces recherches persévérantes est que, dans aucun cas, les plantes ne se sont assimilé le gaz azote de l'atmosphère.

Dans une autre série d'expériences, l'appareil et la méthode étant les mêmes, la marche a été modifiée en ce sens, que l'air dans lequel les plantes végétaient et qui était, comme dans les cas précédents, rigoureusement dépouillé d'ammoniaque, mais additionné de quelques centièmes d'acide carbonique, était constamment renouvelé sous l'action d'un aspirateur. Le résultat a été encore

nettement négatif quant à l'absorption de l'azote, et cela dans deux expériences faites sur des Lupins, quatre sur des Haricots, une sur le Cresson alénois. Pour les Lupins, les graines contenaient 0gr,0551 d'azote; l'analyse n'en a montré que 0gr,0472 dans la plante développée et 0gr,005 dans le sol où elle avait poussé; pour les Haricots, il en existait 0gr,1672 dans la semence, seulement 0gr,1486 dans la récolte et 0gr,018 dans le sol; enfin, la graine du Cresson alénois contenant 0gr,0046 d'azote, la plante n'en a présenté que 0gr,0032 et son sol 0gr,002. Il y a donc eu constamment une légère perte de ce corps simple, pendant la végétation.

Un nouvel ordre de recherches a consisté à faire végéter des plantes dans les mêmes conditions que précédemment, quant au sol, aux cendres et à l'eau, mais dans une cage vitrée qui laissait entrer et circuler librement l'air atmosphérique, tout en formant un abri complet contre la pluie. Neuf expériences ayant pour sujets le Haricot, le Lupin, le Froment, l'Avoine et le Cresson alénois, ont toutes indiqué un gain en azote effectué pendant la végétation, mais un gain peu considérable. Dans ces conditions, les plantes n'ont développé qu'une faible quantité de matière organisée, ce que M. Boussingault explique par l'absence ou l'insuffisance, dans le sol, d'une matière azotée agissant comme engrais. « En effet, dit ce savant, aussitôt qu'une substance de cette nature intervient par le « fait de graines mortes se comportant à la manière du fumier, et « très-certainement aussi quand, par négligence, on arrose avec « de l'eau ammoniacale, on voit aussitôt l'organisme des plantes « acquérir un poids plus considérable... J'ajouterai que, dans les « conditions où ces expériences ont été faites, le développement de « l'organisme végétal peut devenir considérable. »

On le voit, le grand et beau travail qui vient d'être analysé établit, de la manière la plus nette, l'impossibilité dans laquelle se trouvent les plantes d'absorber, pour l'assimiler à leur substance, l'azote gazeux de l'air au milieu duquel elles vivent. C'est là certainement l'un des grands progrès effectués par la science phy-

siologique dans ces derniers temps, et ce progrès a été accompli relativement à l'une des questions à la fois les plus importantes et les plus délicates que soulèvent et l'histoire de la vie végétale et la culture elle-même.

Puisqu'il est ainsi solidement établi que les végétaux, au moins ceux qui sont tant soit peu élevés en organisation, sont dépourvus de la faculté de s'approprier l'azote atmosphérique, il suffira de mentionner ici, sans s'y arrêter, les travaux qui ont eu pour objet de prouver précisément le contraire, et de faire voir dans l'atmosphère une source inépuisable à laquelle les organismes végétaux pourraient puiser presque sans limites l'élément essentiel des matières azotées qui interviennent dans leur constitution. Tels ont été surtout ceux de M. G. Ville[1], qui ont eu beaucoup de retentissement, et pour l'exécution desquels cet observateur avait imaginé des dispositions d'appareils très-ingénieuses. Malheureusement, les conditions fondamentales des expériences instituées et poursuivies avec une louable persévérance par ce chimiste donnaient prise à des objections capitales, qui ont été formulées par divers savants, tant en France qu'à l'étranger, et les recherches si complètes et si rigoureuses de M. Boussingault ont démontré l'inexactitude de la conclusion dernière que son contradicteur s'était cru autorisé à en déduire. Ajoutons que, d'après M. Cloëz[2], une grave cause d'erreur avait bien pu, très-probablement même avait dû exister et passer inaperçue dans les expériences de M. G. Ville. En suivant la répétition de ces expériences, qui a eu lieu au Jardin des Plantes de Paris, sous les yeux d'une commission nommée par l'Académie des sciences, M. Cloëz a été conduit à penser que là se trouvaient

[1] Note sur l'assimilation de l'azote de l'air par les plantes, et sur l'influence qu'exerce l'atmosphère sur la végétation, par M. G. Ville. (*Comptes rendus*, XXXI, 1850, p. 578-580.) — Recherches expérimentales sur la végétation, par le même, petit in-fol. de 133 pages et 2 planches. Paris, 1853. — Absorption de l'azote de l'air, par le même. (*Comptes rendus*, XXXVIII, 1854, p. 705-709, 723-727.)

[2] Recherches expérimentales sur la nitrification et sur la source de l'azote dans les plantes, par M. S. Cloëz. (*Comptes rendus*, XLI, 1855, p. 935-936.)

réunies, sans que l'expérimentateur en tînt compte, différentes circonstances propres à déterminer la formation d'azotates, par suite de la combinaison directe de l'azote avec l'oxygène de l'air. En effet, les plantes qui servaient de sujets étaient plantées dans des pots remplis d'un sol stérile, reposant sur un lit de briques concassées. Ces pots et ces morceaux de brique jouaient le rôle de corps poreux, condition essentielle pour la nitrification; l'humidité y abondait constamment; en mêlant au sol des cendres de plantes analogues à celles qu'on allait soumettre à l'observation, on y avait par cela même ajouté une substance alcaline; la matière organique seule faisait défaut, ou bien elle n'existait qu'en quantité très-faible. Si l'idée qu'il devait se produire de l'acide azotique dans un appareil de ce genre était fondée, il devait se former des azotates ou nitrates dans un appareil disposé de manière à faire passer, pendant un temps suffisant, un courant d'air dépouillé d'ammoniaque à travers des corps poreux de diverses natures. C'est ce que M. Cloëz a vérifié par l'expérience. Il a construit un appareil dans l'intérieur duquel un aspirateur faisait passer un courant d'air atmosphérique. A l'entrée de cet appareil, l'air était dépouillé des vapeurs acides et ammoniacales dont il pouvait être mélangé; il passait ensuite par vingt flacons qui renfermaient, les uns des fragments de brique calcinée, soit pure, soit recouverte d'un dépôt de carbonate de chaux, d'autres de la ponce ordinaire ou calcinée, ou de la craie de Bougival, ou des os calcinés, ou des terres, etc. Commencée le 15 septembre 1854, cette expérience a duré jusqu'à la fin d'avril 1855, sans autre interruption que celle qu'ont déterminée forcément les grands froids qui ont rendu le jeu de l'appareil impossible. Le résultat en a été qu'on a trouvé ensuite des azotates en quantité notable dans les flacons contenant de la brique, de la ponce calcinée et de la ponce ordinaire. La craie de Bougival, la marne calcaire, soit pure, soit additionnée de carbonate alcalin, enfin un mélange de kaolin et de carbonate de chaux, ont fourni des traces des mêmes sels, tandis qu'on n'en a point trouvé dans les os calcinés ni dans

la terre argileuse. Si donc il se produit dans le sol, dans les conditions où s'était placé M. G. Ville pour ses expériences, des azotates qui, absorbés par les plantes, deviennent pour elles, comme on le sait, une source d'azote, les gains en azote que l'analyse peut dévoiler pour des sujets dont la végétation a eu lieu sur un sol stérile et au milieu d'une atmosphère sans ammoniaque, ne prouvent pas le moins du monde que ces mêmes sujets aient opéré une absorption directe d'azote atmosphérique. Pour ce second motif, les conclusions déduites par M. G. Ville de ses observations semblent n'être point justifiées.

Néanmoins, et quoi qu'il en soit à cet égard, on n'en doit pas moins savoir gré à M. G. Ville de la persévérance qu'il a montrée dans ses recherches, de l'art avec lequel il a conçu l'ensemble et les détails de ses appareils ; ses écrits mériteront toujours d'être cités honorablement dans l'histoire d'une question qui, comme nous l'avons vu, touche à de grands intérêts scientifiques et agricoles. D'ailleurs, cet observateur a été conduit à donner en même temps une attention particulière à la recherche et à la détermination de l'influence favorable qu'exercent les vapeurs ammoniacales répandues dans l'air, soit normalement, soit par le fait de l'expérimentation[1]. Il en a même déduit des données culturales relativement à l'action qui peut être ainsi exercée sur la végétation des plantes cultivées en serre, et des essais faits notamment par un amateur très-connu d'Orchidées, à Passy-Paris, ont semblé justifier, dans une certaine mesure, les conseils qu'il avait donnés à cet égard. Le nom de M. G. Ville doit donc figurer parmi ceux des chimistes qui, en France, ont concouru avec plus ou moins de bonheur aux progrès de la botanique physiologique, dans le cours de ces dernières années.

Tout ce qui précède se rapporte aux végétaux un peu élevés dans la série, car, pour ceux que la simplicité de leur organisation

[1] Recherches expérimentales sur la végétation; influence de l'ammoniaque, ajoutée à l'air, sur le développement des plantes, par M. G. Ville. (*Comptes rendus*, XXXV, 1852, p. 464-468, 650-654.)

relègue aux degrés inférieurs de l'échelle végétale, ou du moins pour certains d'entre eux, les observations de M. Jodin semblent montrer que les choses se passent autrement[1]. En effet, ce chimiste a reconnu que les petits Champignons, que la langue vulgaire réunit sous le nom vague de Moisissures, empruntent à l'air, pour se l'assimiler, une quantité notable d'azote libre. Seulement, les circonstances du développement de ces organismes inférieurs et les actions chimiques qui les accompagnent auraient besoin d'être déterminées avec plus de netteté, afin de préciser, dans ce phénomène, ce qui revient rigoureusement au végétal lui-même, et ce qui se rapporte aux substances auxquelles il s'attache et sur lesquelles il agit avec une énergie souvent très-grande.

### Art. 7. — Nutrition.

La nutrition, prise dans le sens le plus large que puisse avoir ce mot, résulte de l'ensemble des phénomènes par lesquels les plantes prennent autour et à l'extérieur d'elles-mêmes des substances variées d'état et de nature, qu'elles introduisent dans la profondeur de leurs tissus pour les assimiler à leur substance et en faire les matériaux de leur accroissement; mais on la comprend habituellement avec une signification beaucoup moins étendue, et ce qui précède suffit déjà pour montrer les importantes restrictions que les physiologistes y apportent : ainsi l'absorption des substances que l'organisme emprunte au monde extérieur est l'objet d'une étude spéciale et distincte; les rapports avec les matières gazeuses extérieures et l'élaboration que ces matières subissent dans la profondeur des organes constituent la respiration; il ne reste donc comme comprises dans l'histoire de la nutrition végétale que l'étude des aliments non gazeux qu'une plante peut puiser dans le sol, et celle de l'assimilation qu'elle fait des unes, de l'élaboration à laquelle elle soumet les autres. Cette assimilation et cette élaboration

[1] Du rôle physiologique de l'azote, par M. Jodin. (*Comptes rendus*, LI, 1862, p. 612-615.)

nous sont à peu près si ce n'est même entièrement inconnues quant à leur marche, dans l'état actuel de la science, de telle sorte qu'il ne reste guère à comprendre, en dernière analyse, dans ce chapitre, que l'examen des matières alimentaires qui sont pour les organes les principes de leur développement.

Il est à peine besoin de le dire, cette étude spéciale, ne reposant que secondairement sur l'observation et empruntant à l'analyse chimique ses principaux moyens d'action, se trouve reportée par cela même à la limite commune de la physiologie et de la chimie; elle rentre même plus essentiellement dans le cadre de la dernière de ces sciences que dans celui de la première; aussi l'exposé des progrès que nos savants lui ont fait faire dans ces vingt-cinq dernières années ne peut-il être ici que succinct, et doit-il se réduire à un cadre dont il ne sera pas nécessaire de remplir toutes les parties. Encore en le traçant de la sorte sera-t-il difficile d'éviter deux inconvénients contraires; car, de quelque manière qu'il soit conçu, il pourra paraître surabondant à ceux qui le considéreront au point de vue physiologique, incomplet à ceux qui l'envisageront seulement au point de vue chimique.

A cet égard, une question prime toutes les autres en importance : c'est la détermination des substances qui, une fois absorbées par les racines, peuvent fournir aux plantes l'azote nécessaire pour leur développement; ces substances sont réunies sous la dénomination collective d'engrais azotés. Nous venons de dire que cette question prime toutes les autres en importance, quant à la nutrition végétale; en effet, l'azote qu'acquièrent ainsi les végétaux est pour eux non-seulement un aliment indispensable, une matière première sans laquelle leurs tissus ne peuvent se constituer, mais encore un stimulant qui excite leur activité vitale, et par là détermine en eux la formation d'une plus forte masse de matière organique. C'est ce qu'a démontré M. Boussingault[1] par des expériences dans lesquelles

[1] De l'action du salpêtre sur la végétation, par M. Boussingault. (*Comptes rendus*, XLI, 1855, p. 845-857; *Ann. des sc. nat.* 4e série, IV, 1855, p. 32-46.) —

il a observé comparativement des pieds soit de Grand Soleil des jardins (*Helianthus annuus* L.), soit de Cresson alénois (*Lepidium sativum* L.), tous plantés dans des volumes égaux de terre de la même nature, à l'air libre, dans des conditions atmosphériques semblables, mais dont les uns étaient soumis à des arrosements avec une solution étendue d'azotate de potasse ou d'azotate de soude, tandis que les autres ne recevaient rien de pareil. Par la seule intervention de 1 gramme d'azotate de potasse, un pied d'*Helianthus* a atteint une hauteur de 0m,50 à 0m,70, a développé un capitule, et a produit, en matière sèche, 108 fois le poids de la graine. Cette même plante a fixé environ 3 grammes de carbone, c'est-à-dire que, dans l'espace de trois ou quatre mois, elle a décomposé, pour s'en approprier le carbone, plus de 5 litres de gaz acide carbonique. Au contraire, un autre pied de la même espèce, n'ayant pas reçu de salpêtre, s'est à peine développé; sa tige grêle a formé deux ou trois petites feuilles d'un vert pâle; le poids de la plante sèche n'a été que de 5 fois celui de la semence, et en trois mois d'une végétation toujours languissante, elle n'a pas décomposé 4 décilitres de gaz acide carbonique. Quant à l'azote lui-même, la première de ces deux plantes en avait assimilé à sa substance plus d'un décigramme, la seconde seulement 3 milligrammes, ou 33 fois moins.

Les résultats ont été tout aussi marqués pour le Cresson alénois avec l'azotate de soude. En sept semaines, un pied, qui n'avait pas reçu de ce sel, n'a pas acquis deux milligrammes d'azote; son poids, après dessiccation, n'a été que le triple de celui de la semence; enfin il avait fixé au plus le carbone d'un décilitre d'acide carbonique; un autre, stimulé au moyen de quelques centigrammes du même sel, a pris autant de développement que ceux qui poussaient

Recherches sur l'influence que l'azote assimilable des engrais exerce sur la production de la matière végétale, par M. Boussingault. (*Comptes rendus*, XLIV, 1857, p. 940-953; *Ann. des sc. nat.* 4e série, VII, 1857, p. 5-20.) — Nouvelles observations sur le développement des *Helianthus* soumis à l'action du salpêtre donné comme engrais, par M. Boussingault. (*Comptes rendus*, XLVII, 1858, p. 807-813.)

sur un sol fumé; il a gagné 25 milligrammes d'azote; desséché, il a pesé 22 fois autant que la graine de laquelle il provenait, et le carbone qu'il avait acquis, dans l'espace d'un mois, représentait 7 décalitres de gaz acide carbonique. — D'autres expériences ont montré que, entre certaines limites, il y a proportion entre la dose d'azotate ou nitrate introduit dans le sol, puis absorbé, et la quantité d'acide carbonique décomposé journellement par la plante, ainsi qu'avec le poids qu'acquiert définitivement celle-ci. Par exemple, un pied d'*Helianthus*, qui avait absorbé $0^{gr},045$ de nitrate sur $0^{gr},08$ ajouté au sol, n'a décomposé que 8,7 centimètres cubes d'acide carbonique par jour, et n'est parvenu qu'à un poids de 10,1 fois celui de la graine étant pris pour unité, tandis qu'un autre pied, qui avait absorbé $0^{gr},087$ de nitrate sur $0^{gr},16$ de ce sel introduit dans le sol, a décomposé journellement 17,6 centimètres cubes d'acide carbonique, et a élevé son poids à 18,3 fois celui de la semence.

Toutefois ces expériences, quoique parfaitement démonstratives pour le fait pris dans son ensemble, pouvaient donner lieu à quelques réserves, par ce motif qu'on était en droit d'attribuer la faiblesse du développement des plantes cultivées sans addition de salpêtre à l'absence de la potasse que ce sel apportait à celles auxquelles on le fournissait. Il était important d'ailleurs de voir si des plantes auxquelles on donnait d'autres sels essentiels à la végétation, surtout le phosphate de chaux et le bicarbonate de potasse, pousseraient également en l'absence comme en présence du salpêtre; en d'autres termes, si ces sels non azotés leur permettraient de se passer de l'excitation déterminée par l'azote. Des expériences différentes des premières ont été faites par M. Boussingault en vue d'obtenir une réponse précise à cette question. Ces expériences ont été rigoureusement comparatives. Par exemple, trois pieds d'*Helianthus argophyllus* A. Gr. ont été cultivés simultanément sur un sol formé d'argile cuite concassée et de sable quartzeux, et tenus également à l'air libre, mais à l'abri de la pluie. Pour l'un, ce sol

stérile est resté sans mélange; pour le second, on y a mêlé du phosphate de chaux basique, de la cendre de plantes, de l'azotate de potasse; pour le troisième, on y a introduit du phosphate de chaux et de la cendre végétale, comme pour le précédent, mais on a remplacé le salpêtre par du bicarbonate de potasse en quantité telle qu'il contînt exactement la même dose d'alcali.

Le résultat général de ces recherches expérimentales est venu confirmer et préciser davantage encore les premières données; il a fourni en effet la démonstration de ces faits : 1° que le phosphate de chaux, ainsi que les sels alcalins et terreux, indispensables à la constitution des plantes, n'exercent n'éanmoins une influence favorable sur la végétation qu'autant qu'ils sont unis à des matières capables de fournir de l'azote assimilable; 2° que les matières azotées assimilables, enfermées dans l'atmosphère, interviennent en trop minime proportion pour déterminer, en l'absence d'un engrais azoté, une abondante et rapide production végétale; 3° enfin que le salpêtre, associé au phosphate de chaux et au silicate de potasse, agit comme un engrais complet, puisque des *Helianthus* venus sous l'influence de ce mélange étaient, sous le rapport de la vigueur et des dimensions, comparables à ceux qu'on a récoltés sur une plate-bande de jardin fortement fumée.

Le travail important dont nous venons de donner un aperçu, après avoir été communiqué à l'Académie des sciences par M. Boussingault, en fragments successifs, dans des mémoires dont nous avons donné la citation, a été présenté par lui tout entier et même avec des développements nouveaux, à une époque récente, dans le premier volume de son ouvrage intitulé : *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 3e, 4e, 5e et 6e partie des *Recherches sur la végétation*, p. 154-281.

Le rôle important que jouent les nitrates comme engrais azotés pour les plantes a été mis encore en évidence par les travaux de quelques autres chimistes, entre lesquels il faut nommer MM. Kuhlmann, Isidore Pierre, Bineau, G. Ville; enfin une théorie satisfai-

sante de la nitrification qui s'opère dans le sol, et qui met ainsi un puissant engrais à portée des racines, a été donnée par M. Millon, qui a montré[1] que la marche de ce phénomène est surtout sous la dépendance d'une température élevée, maintenue pendant plusieurs mois dans le sol ainsi que dans l'air, et qui a reconnu que, dans ces conditions, le nitre se forme régulièrement, si l'on met en présence un produit humique, un sel ammoniacal, avec un mélange de carbonates alcalins et terreux.

Outre que l'intervention de l'ammoniaque est essentielle pour la formation des azotates dans la nature, cette substance elle-même se comporte certainement comme un engrais azoté d'une grande puissance. Même M. Kuhlmann avait exposé une théorie selon laquelle les nitrates ne deviendraient, pour les plantes, de véritables engrais qu'après que l'action, dans le sol, de matières organiques en voie de putréfaction, aurait fait passer l'azote de leur acide à l'état de combinaison avec l'hydrogène, c'est-à-dire à la forme d'ammoniaque; on vient de voir toutefois que les expériences de M. Boussingault sont contraires à cette théorie, puisqu'elles prouvent que la végétation peut s'opérer avec vigueur sur un sol stérile, par conséquent en l'absence de matières organiques en putréfaction, sous l'influence d'arrosements avec une solution d'un azotate. Mais, lorsqu'on a voulu faire entrer l'expérience directe dans la démonstration de l'utilité des engrais ammoniacaux, la diversité des méthodes employées a conduit à des résultats dissemblables, qui d'abord semblaient autoriser des conclusions contradictoires.

Ainsi M. Bouchardat[2] avait cru pouvoir reconnaître l'influence qu'étaient capables d'exercer sur la végétation différents sels ammoniacaux, en faisant de chacun d'eux une solution à un millième, dans laquelle il plongeait des branches de Sensitive (*Mimosa pudica*

[1] *Comptes rendus*, LI, 1860, p. 549.

[2] De l'action des sels ammoniacaux sur la végétation, par M. Bouchardat (*Comptes rendus*, XVI, 1843, p. 322-324; *Recherches sur la végétation appliquées à l'agriculture* (in-12, 1846), p. 21-28.)

L.), de *Polygonum orientale*, de *Mentha aquatica* et *silvestris*, après avoir eu la précaution de leur faire développer dans l'eau des racines adventives. Ainsi traités, tous ces sujets ne tardèrent pas à périr, et la mort en fut d'autant plus prompte qu'ils absorbèrent avec plus d'énergie. L'action nuisible des mêmes sels fut encore fort nette lorsque la solution en fut affaiblie à 1/1500, et elle ne devint assez faible pour être peu sensible que lorsque le sel fut dissous à 1/3000 seulement. L'auteur crut devoir conclure de ces observations : « que les dissolutions de sesquicarbonate, bicarbonate, hydrochlorate, nitrate et sulfate d'ammoniaque ne fournissent pas « aux végétaux l'azote qu'ils s'assimilent; que, lorsque ces dissolutions « sont absorbées par les racines des plantes, elles agissent toutes « comme des poisons énergiques. » Mais, dans l'impression de son travail, qui suivit d'environ trois années la publication d'un simple extrait dans les *Comptes rendus*, il ajoutait : « Dans l'extrait de mon « mémoire qui a été publié, on avait déduit de ces expériences, « avec trop d'empressement peut-être, que les sels ammoniacaux ne « fournissaient pas aux végétaux l'azote qu'ils assimilent. Je recon- « nais que vouloir tirer cette conséquence de mes expériences serait « dépasser les bornes des déductions légitimes. » En même temps il rapportait les résultats entièrement négatifs d'essais dans lesquels il avait donné les mêmes dissolutions, sous la forme d'arrosements, à des pieds de Chou plantés dans un mélange par portions égales de terreau et de bonne terre de jardin.

Ayant ainsi reconnu que les choses se passent tout autrement pour les plantes dont les racines plongent dans l'eau que pour celles qui sont plantées en terre, M. Bouchardat continua ses expériences sur ces dernières, et il arriva ainsi[1] à des résultats, ou encore négatifs, dans la plupart des cas (Pomme de terre, Chou, Froment,

[1] De l'influence des sels ammoniacaux et autres sur le développement de quelques plantes usuelles, par M. BOUCHARDAT. (*Recherches sur la végétation appliquées à l'agriculture*, p. 157-161.) — Sur l'action des sels ammoniacaux sur la récolte des Pommes de terre, par le même. (*Ibid.* p. 196-197.

Orge), soit à peine appréciables, dans quelques autres circonstances (Maïs, Haricot). Aussi, en dernière analyse, regardait-il comme nulle ou à peu près nulle l'action que l'ammoniaque et ses composés peuvent exercer sur la végétation, quand ils sont absorbés par les racines.

Telle n'a pas été l'opinion de la généralité des observateurs, et aujourd'hui il ne semble guère possible de contester que leur manière de voir ne soit basée sur des faits précis et démonstratifs.

L'un des auteurs français à qui nous devons la connaissance du plus grand nombre de ces faits est M. Fréd. Kuhlmann, savant chimiste industriel de Lille, qui s'est livré à une longue suite de recherches touchant l'influence des matières azotées et des engrais en général sur le développement des végétaux. Ses expériences ont été faites à Loos, près de Lille, sur un pré qui avait été divisé, au moyen de rigoles, en parcelles ayant chacune trois ares de superficie. D'espace à autre, on laissait, pour terme de comparaison, une parcelle sans engrais. Les diverses substances solubles dont on a essayé l'emploi ont été toutes ou dissoutes ou délayées dans de l'eau, en volume tel qu'il serait revenu à 325 hectolitres pour un hectare. On a répandu ensuite les liquides ainsi préparés, chacun sur une parcelle distincte. Quant aux substances insolubles et pulvérulentes, elles ont été semées à la volée sur la portion de terre où l'on se proposait d'en déterminer l'action. Ces expériences touchent de trop près à la pratique agricole pour qu'il soit possible de les examiner ici en détail; mais il nous semble indispensable d'indiquer les principales conséquences qui ont dû en être tirées, au point de vue physiologique[1]. Or voici quelles sont ces conséquences : les matières salines azotées, soit dans leur base, soit dans leur acide, activent la végétation avec une énergie proportionnelle à la quantité d'azote

[1] Expériences sur la fertilisation des terres par les sels ammoniacaux, les nitrates et d'autres composés azotés, par M. Fréd. Kuhlmann. (*Mémoires de la Société royale des sciences, etc. de Lille,* année 1843 [1844], p. 76-90.)— Expériences concernant la théorie des engrais, par M. F. Kuhlmann. (*Ibid.* 1844 [1845], p. 365-383.)

qu'elles renferment; elles partagent cette propriété avec toute matière azotée de nature organique, et ces aliments essentiellement profitables déterminent une assimilation plus prompte, par les plantes, de tous leurs autres principes constitutifs. Les sels ammoniacaux, en particulier, agissent non-seulement par eux-mêmes, mais encore en ce qu'ils interviennent comme moyens de transport de certaines matières insolubles ou peu solubles dans l'eau, et leur influence peut encore s'exercer pour transformer les chlorures de potassium et de sodium en sels à acides organiques susceptibles de donner, par incinération, des carbonates de potasse ou de soude.

Relativement aux expériences de M. Bouchardat sur des plantes dont les racines adventives plongeaient dans des dissolutions salines, M. Kuhlmann explique les résultats qu'elles ont donnés par ce que les sels ammoniacaux n'ont pas été fournis à la végétation dans les conditions ordinaires, mais qu'ils sont entrés dans l'organisme sans être décomposés et en quantités trop considérables.

Citons encore des expériences par lesquelles M. Persoz a mis en évidence l'action avantageuse que les composés ammoniacaux exercent sur la végétation, surtout quand ils sont associés à des phosphates[1]. C'est sur l'Hortensia et la Vigne que ce savant a expérimenté. Pour la première de ces plantes, tandis qu'il en plantait certains pieds dans de la terre de bruyère pure, il ajoutait à la terre de même nature, qui en recevait d'autres pieds plantés dans une grande caisse, 3 kilogrammes d'os calcinés au noir, 1 kil. 50 d'acide nitrique du commerce et 0 kil. 500 de phosphate de potasse, de manière à obtenir, en somme, comme matières ajoutées, des nitrates et phosphates de potasse et de chaux. Pour la Vigne, tandis qu'un pied de Chasselas végétait dans de la terre ordinaire de jardin, à quelque distance des racines d'un autre il introduisait dans le sol 0 kil. 5 de silicate de potasse, et 1 kil. 5 de phosphate

[1] Observations sur quelques faits relatifs à la végétation, par M. J. Persoz. (*Comptes rendus*, XXIV, 1847, p. 559-562.)

calcipotassique, mêlés à un poids égal de sang desséché et d'excréments d'oies à l'engrais. La végétation des Hortensias et de la Vigne soumis à l'influence des substances ajoutées au sol eut lieu avec une vigueur merveilleuse qui exprimait avec beaucoup de netteté l'action de ces substances.

M. Persoz s'élève, à son tour, contre l'expérimentation effectuée avec des plantes plongées dans des solutions salines, qui leur causent, dit-il, une véritable indigestion, suffisante pour les faire périr. Il est bon d'ailleurs de rappeler que, dans le cours de leurs expériences sur la respiration, MM. Cloëz et Gratiolet ont constaté les mauvais effets que produit l'addition de sels ammoniacaux, en très-faibles proportions, à l'eau dans laquelle végètent des plantes aquatiques. Il a suffi, dans un cas, de 1 gramme de sulfate d'ammoniaque sur 10 litres d'eau, dans un second, de la même proportion de nitrate de la même base, dans un troisième, de la même quantité, c'est-à-dire 0,0001 de carbonate de cet alcali, pour arrêter, en trois jours, la végétation de pieds vigoureux de *Potamogeton perfoliatum*, tandis que, dans l'eau ordinaire et sans addition, des pieds de la même plante avaient conservé toute leur vigueur au bout du même espace de temps.

Les expérimentateurs dont les travaux viennent d'être analysés avaient eu pour objet principal de reconnaître comment influent sur la végétation les composés azotés; mais ils avaient aussi, pour la plupart, expérimenté au moyen de diverses matières non azotées, en n'y attachant, il est vrai, qu'un intérêt plus ou moins secondaire. Au contraire, M. Chatin a surtout recherché l'influence de ces dernières substances sur le développement des plantes[1]. C'est d'abord sur la Pomme de terre et ensuite sur le Haricot, l'Épinard, l'Orge (*Hordeum vulgare* L.) et l'Avoine qu'ont porté ses expériences. Parmi les sels dont il a fait usage, deux seulement sont ammoniacaux, le

[1] Études expérimentales sur l'action des sels, des bases, des acides et des matières organiques sur la végétation, par M. Ad. Chatin. (*Comptes rendus*, XXXV, 1852, p. 786-789; XXXVIII, 1854, p. 269-272.)

sulfate et le chlorhydrate d'ammoniaque; les autres, au nombre de 17, sont 4 sels de potasse, 5 de soude, les uns et les autres d'acides divers, puis les sulfates de chaux, de magnésie, de zinc, de manganèse, de fer, de cuivre, de plomb et l'acétate de plomb. Comme termes de comparaison, des cultures semblables ont été faites dans d'autres portions du champ d'expériences, les unes bien fumées, les autres laissées dans leur état naturel. Pour la Pomme de terre, par exemple, le produit en tubercules, par hectare, ayant été de 24 820 kilogrammes sur la terre bien fumée, et de 14 703 kilogrammes sur la même terre sans addition d'aucune substance, les sels qui ont favorisé la végétation et déterminé une augmentation de produits ont été, dans l'ordre décroissant, le sulfate et le chlorhydrate d'ammoniaque, dont l'action a été presque égale à celle du fumier, le phosphate de soude, le carbonate de potasse, le sulfate de chaux, l'azotate et le sulfate de potasse, l'azotate de soude et le chlorure de potassium; les autres sels ont amoindri le rendement, et l'un des plus défavorables sous ce rapport a été le chlorure de sodium ou sel marin. En général, l'action des sels de soude a été beaucoup moins avantageuse que celle de leurs analogues de potasse; souvent même elle a été nuisible. C'est là une donnée importante, puisque divers savants ont admis l'équivalence de ces deux alcalis pour la végétation. Ajoutons que tout récemment M. Peligot a reconnu la même infériorité d'action de la soude, et spécialement de son chlorure[1]. Ces résultats se sont vérifiés pour les autres plantes observées par M. Chatin.

L'une des influences les plus remarquables que subissent les végétaux de la part de matières étrangères est celle que les composés ferrugineux exercent sur la substance qui les colore en vert, c'est-à-dire sur la chlorophylle. La constatation de cette influence spéciale est due à Eusèbe Gris, qui en a fait une application utile au

[1] Sur la répartition de la potasse et de la soude dans les végétaux, par M. E. Peligot. (*Comptes rendus*, LXV, 1867, p. 729-740.)

traitement de la Pâleur des plantes ou de la Chlorose[1]. L'idée lui en avait été inspirée par la connaissance des bons effets que les préparations ferrugineuses produisent sur les personnes atteintes d'affections anémiques, chez lesquelles le sang renferme moins de globules que dans l'état normal. Les végétaux dont les feuilles ont perdu leur chlorophylle ou n'en ont pas développé dans leurs cellules par suite d'un affaiblissement morbide particulier, arrosés avec une dissolution d'un composé ferrugineux soluble, surtout de sulfate de fer, ont repris bientôt leur vigueur; la chlorophylle apparaissant dans leur parenchyme ou s'y reformant a rendu à leurs feuilles la couleur verte qui leur est naturelle, et dès lors leur végétation s'est accomplie dans les conditions normales, souvent même avec plus d'énergie que de coutume, de telle sorte que la matière ferrugineuse a opéré comme un véritable engrais, ou tout au moins comme un stimulant. D'autres expériences d'Eusèbe Gris lui ont appris ensuite cette particularité plus curieuse encore, que l'action des composés ferrugineux sur la chlorophylle s'exerce même localement, sans que l'absorption opérée par les racines les ait introduits dans le courant de la circulation. Ainsi, en appliquant au pinceau et même par places des dissolutions de ces matières sur des feuilles chlorosées, il a vu la couleur verte s'y montrer aux points mouillés au moyen de ces liquides, et tracer ainsi en vert des signes ou des lettres qui tranchaient nettement sur le fond resté pâle de l'organe entier.

Ce sujet intéressant a été repris, il y a peu d'années, par M. Arthur Gris[2], fils de l'observateur dont il vient d'être question.

[1] De l'action des sels ferrugineux appliqués à la végétation, et spécialement au traitement de la chlorose et de la débilité des plantes, par Eusèbe Gris. (*Comptes rendus*, XXI, 1845, p. 1386-1387.) — De l'action des composés ferrugineux solubles sur la végétation, par le même. Broch. in-8°, 1843. — Nouvelles expériences sur l'emploi des ferrugineux solubles appliqués à la végétation, par le même. Broch. in-8°, 1844. — De l'action du sulfate de fer (vitriol vert) sur la végétation, par le même. (*Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris*, 1842, XXXI, p. 66-73, 193-199.)

[2] Recherches microscopiques sur la chlorophylle; thèse citée plus haut, p. 95. (Voy. dans cette thèse, chap. II, p. 29-34.)

L'observation sous le microscope a montré alors ce qui s'était passé dans une feuille chlorosée dont une portion avait été mouillée avec une solution ferrugineuse. Dans la partie de cette feuille qui était restée jaune, les cellules du parenchyme contenaient, pour la plupart, une sorte de gelée granuleuse jaunâtre, qui s'étendait sur la paroi des cellules, ou bien un nuage de petits granules à peine colorés qui enveloppait le nucléus de chacune de ces cellules. Au contraire, dans la portion de la même feuille qui avait reverdi sous l'action du sel de fer, les cellules contenaient un grand nombre de grains de chlorophylle, d'un vert gai et plus ou moins développés, ou bien des segments polyédriques de cette même matière verte. La chlorose avait donc arrêté le développement des grains de chlorophylle, et ensuite le sel de fer, en vivifiant cette substance, lui avait permis de continuer son évolution et de passer ainsi à l'état soit de simples petits segments polyédriques, qui ne sont qu'un état moyen de formation, soit de grains arrondis, qui constituent l'état parfait de cette matière colorante. Ainsi les composés ferrugineux sont le stimulant spécial de la matière verte des plantes.

Les travaux dont on vient de voir l'analyse ont eu pour objet d'apprendre comment interviennent, dans la nutrition des végétaux, les matières solides que les racines peuvent trouver à leur portée, et qu'elles introduisent dans l'organisme lorsque leur portion absorbante vient en contact avec de l'eau tenant ces matières en dissolution. Mais l'eau qui sert de véhicule à ces substances ne jouet-elle pas elle-même un rôle dans la nutrition? Son simple contact avec la couche superficielle des organes n'en altère-t-il pas l'état normal? Et, en outre, quelles sont les circonstances qui président au phénomène par lequel ce liquide, traversant la paroi des cellules dont est composée la couche superficielle des parties absorbantes, s'introduit jusque dans la profondeur des tissus? Ces diverses questions ont un intérêt que ne pouvaient méconnaître les physiologistes; aussi la solution en a-t-elle été cherchée dans des travaux qui ne doivent pas être passés sous silence.

M. Émery, professeur d'histoire naturelle à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand, est celui de nos physiologistes qui a étudié avec le plus de soin et de persévérance le rôle physique de l'eau dans la nutrition des végétaux[1]. Envisageant ce vaste et important sujet dans toute son étendue, il a d'abord cherché à reconnaître, par des expériences nombreuses et suivies, les effets que produit la submersion totale sur la végétation des plantes terrestres, les seules évidemment pour lesquelles un pareil changement de milieu puisse amener une perturbation dans la marche normale des phénomènes vitaux. Il s'est attaché ensuite à déterminer séparément l'influence que pouvait exercer, à cet égard, la submersion soit de la tige, soit de la racine, et il a relié à cette dernière partie de ses recherches des expériences sur deux questions dont nous nous sommes déjà occupé (voyez p. 152 et p. 168), l'absorption et l'excrétion radicellaires.

La submersion totale pouvait être opérée, en premier lieu, sur la graine et sur la plante qui en naît; en second lieu, sur la plante adulte. Sous le premier rapport, M. Émery a reconnu que, si l'eau de mer détruit la vitalité de l'embryon, dans un espace de temps en général assez court, mais variant avec les espèces, comme l'ont constaté MM. Darwin, en Angleterre, et Ch. Martins, en France (voyez p. 104), l'eau douce, au contraire, n'exerce point sur lui d'action nuisible, pourvu que l'aération en soit suffisante; dans ce cas, le germe contenu dans la graine se réveille de sa torpeur, et, par la germination, grandit en une nouvelle plante. L'expérience lui a montré que, dans le Froment, la germination peut s'effectuer entièrement sous l'eau, dont on entretient l'aération en y maintenant des végétations confervoïdes, qui, par leur respiration à la lumière, y versent constamment de l'oxygène, ou bien encore en renouvelant fréquemment le liquide. Mais ce n'est pas là un fait général; pour la Fève, la germination commencée s'arrête bientôt

[1] Étude sur le rôle physique de l'eau dans la nutrition des plantes, par M. H. Émery; thèse pour le doctorat ès sciences nat. in-4° de 169 pages. Paris, 1865.

dans l'eau. Une fois la plante adulte, la submersion complète en amène promptement la mort, du moins pour ces deux espèces, sur lesquelles ont porté les expériences de M. Émery. Elle périt à la fois par inanition et surtout par asphyxie ou privation d'oxygène. Toutefois l'eau n'agit point comme substance nuisible sur les organes foliacés qu'elle baigne ; ils continuent d'y prendre leur accroissement, tant qu'il leur arrive, d'une manière quelconque, de l'oxygène et des aliments. Lorsque la tige seule d'une plante ligneuse (*Fuchsia* et *Veronica Andersonii*) a été plongée dans l'eau, au moment où elle allait reprendre sa végétation, elle a ouvert ses bourgeons, dans ce milieu si anormal pour elle ; mais les rameaux qu'elle a formés ainsi ont péri bientôt, faute d'air et d'aliment. Des racines tendaient alors à se former sur la portion submergée de la tige.

En dernière analyse, l'eau douce plus ou moins chargée de matières solubles est un milieu ou, si l'on veut employer l'expression de M. Émery, un sol désavantageux pour les plantes terrestres, et cela parce que, dit ce physiologiste, les matières nutritives n'y subissent pas complétement cette élaboration préparatoire qu'elles éprouvent dans la terre, et qui paraît indispensable à la nutrition ultérieure de la plante. Cette infériorité de l'eau, comme milieu, paraît tenir surtout à l'insuffisance de l'oxygène, et aussi, en grande partie, à ce qu'il se produit dans ce liquide une grande quantité de Microphytes et de Microzoaires, dont la présence est funeste aux végétaux d'un ordre plus élevé. Néanmoins M. Émery a pu faire vivre, le pied dans l'eau, des pieds de Fève et surtout de Froment. Ce dernier a ainsi végété pendant deux années, sans fleurir, et en présentant, entre ses deux végétations annuelles, un véritable repos hivernal, analogue à celui qu'offrent les plantes herbacées vivaces ; les pieds de la première espèce ont eu une existence beaucoup moins longue : ils sont morts après une chétive floraison et sans pouvoir amener leurs graines à l'état de maturité.

Enfin M. Émery s'est attaché avec un soin particulier à déterminer la proportion d'eau qui entre dans la constitution des organes d'une même plante comparés l'un à l'autre, et du même pied considéré aux différentes époques de son développement. Il a reconnu notamment que chaque plante, considérée en particulier, offre une proportion d'eau toujours plus forte dans la racine que dans la tige, mais que cette inégalité va régulièrement en diminuant à mesure que le sujet avance en âge; en outre, dans chaque organe séparément, comme dans l'ensemble du végétal, la proportion d'eau va en croissant, à partir de la germination jusqu'au moment où les tissus sont dans toute leur activité, après quoi elle diminue jusqu'à la mort du sujet. Les botanistes ne s'étaient guère occupés de recherches analogues à celles sur lesquelles M. Émery a porté toute son attention, et on doit savoir gré à ce physiologiste d'avoir ainsi comblé une lacune dans nos connaissances.

Toute nutrition a pour point de départ nécessaire l'entrée dans la plante d'eau chargée de matières solubles. C'est par les parties voisines de l'extrémité des racines qu'a lieu cette entrée, qui constitue le phénomène de l'absorption radicellaire; mais, contrairement à l'idée fausse que pourrait donner le nom de spongioles, par lequel on les désigne, ces parties n'offrent pas de perforations appréciables à l'œil, même aidé du secours d'instruments grossissants, par lesquelles puissent entrer les liquides absorbés, et c'est à travers la membrane même des cellules qui en constituent la couche superficielle que s'opère l'introduction de ces matières. C'est là un remarquable phénomène physique, dont on doit la découverte réelle et la première étude approfondie à Dutrochet, qui l'a désigné sous le nom d'*Endosmose*. Bien qu'intervenant dans l'accomplissement de différents faits de la vie des plantes, l'endosmose est un fait essentiellement physique, dont l'examen est par conséquent en dehors du domaine de la physiologie ; car nous ne saurions voir dans cette science de la vie, à l'exemple de quelques savants de notre époque, une simple application aux êtres vivants des lois

de la physique et de la chimie. Il nous suffira donc de mentionner, sans nous y arrêter longtemps, un mémoire intéressant, dans lequel M. Michel Lhermite a exposé les résultats de ses recherches sur la détermination des circonstances essentielles de l'endosmose [1] ou de l'osmose, comme l'a nommée M. Graham, postérieurement à Dutrochet. Nous nous bornerons à rappeler que, si le passage d'un liquide à travers une membrane organique ou plus généralement à travers un corps poreux quelconque a été attribué par le dernier de ces savants à l'influence de l'électricité, Poisson en a cherché la cause dans la capillarité; M. Matteucci a cru que l'état parfaitement sain et frais des membranes à traverser en était la condition essentiellement déterminante, tandis que M. Graham a pensé, au contraire, qu'une membrane organique ne se laissait pénétrer que dès l'instant où elle subissait un commencement de décomposition. De son côté, M. Lhermite a été conduit par ses expériences à poser ce principe, qu'il y a endosmose toutes les fois que deux liquides, qui sont séparés par un corps poreux, ont de l'affinité l'un pour l'autre, et que l'un d'eux est susceptible d'imprégner plus facilement que l'autre la cloison placée entre les deux; c'est alors le liquide capable d'imprégner la membrane qui se porte toujours vers l'autre à travers le diaphragme. Il s'ensuit qu'aux yeux de ce physicien, les phénomènes d'endosmose sont un simple cas particulier de la force dissolvante, et que le corps intermédiaire, qu'il consiste en une membrane organique ou en un corps poreux quelconque, est assimilable à un liquide considéré comme dissolvant par rapport à un autre liquide.

L'endosmose permet de s'expliquer l'entrée dans les plantes de l'eau, soit pure, soit chargée de matières solubles, quelque variées de nature qu'elles puissent être; mais de nombreuses expériences, dont les premières remontent au siècle dernier, ayant prouvé que

[1] Recherches sur l'endosmose, par M. Michel Lhermite. (*Annales des sciences naturelles*, 4ᵉ série, III, 1855, p. 73-84; *Annales de Physique et de Chimie*, 3ᵉ série, XLIII, 1855, p. 420-431.)

la paroi cellulaire des organes absorbants est un filtre tellement parfait qu'il ne se laisse point pénétrer par les poussières les plus fines, il en résulte une difficulté majeure lorsqu'on essaye de rendre compte de la présence dans les tissus vivants de certaines substances salines, insolubles de leur nature, et que néanmoins l'analyse nous montre comme existant habituellement dans le plus grand nombre des végétaux, comme y jouant même un rôle important. Tels sont surtout le phosphate et le carbonate de chaux. M. Dumas a fait disparaître cette difficulté sérieuse, en montrant[1] que l'eau chargée d'acide carbonique est le dissolvant naturel de ces deux matières salines, et Lassaigne, en publiant, peu de temps après, des expériences précises à ce sujet[2], a complété la démonstration de ce fait important.

Dès l'instant où les substances alimentaires, dissoutes dans l'eau qui baignait le sol, ont franchi la paroi cellulaire qui forme la surface même des organes dits absorbants, elles sont soumises à des actions nouvelles dont le résultat dernier est de les incorporer à l'organisme. Mais d'abord elles subissent des changements de lieu et des élaborations diverses. De quelle manière s'opèrent celles-ci? C'est ce que nulle recherche n'a pu nous apprendre jusqu'à ce jour. L'analyse chimique, utile auxiliaire de la physiologie, indique, dans une certaine limite, les résultats définitifs; mais elle est impuissante à reconnaître par quels moyens ils ont été produits. Quant aux changements de place que subissent les matières alimentaires, on peut les considérer comme s'effectuant au moins à deux degrés: d'abord amenées par la circulation dans les cellules, qui sont le véritable laboratoire du végétal, elles fournissent soit à l'accroissement des tissus, soit à la formation de substances diverses déposées dans les cavités cellulaires; puis elles sont parfois reprises dans ce premier état, pour rentrer dans le torrent de

[1] Discours d'ouverture à la Faculté de médecine, en 1846.

[2] Sur le mode de transport des phosphate et carbonate de chaux dans les organes des plantes, par Lassaigne. (*Comptes rendus*, XXXVIII, 1849, p. 73-76.)

la circulation et aller subir, dans des organes plus ou moins distants, un nouveau dépôt, ou d'autres élaborations.

C'est surtout ce transport de certaines matières d'un organe à un autre, qui a donné lieu à des observations intéressantes, dans ces derniers temps. En Allemagne, M. Arendt (1859) a considéré cet important sujet dans son ensemble, en prenant l'Avoine comme objet spécial de ses expériences et de ses analyses; en France, MM. Boussingault, dans diverses parties de ses nombreux et importants mémoires, M. Isidore Pierre, dans ses consciencieuses études sur le Froment, M. Garreau, dans ses recherches instructives sur la distribution qu'affectent les matières minérales au milieu des organes, etc. ont fait à cet égard un grand nombre d'observations qui ont souvent confirmé, parfois rectifié et, dans tous les cas, étendu les notions que la science devait aux auteurs antérieurs, en particulier à Th. de Saussure. Mais le passage progressif de substances à travers différents organes, aux diverses époques de la végétation d'une même plante, a été surtout étudié avec un soin particulier, relativement au phosphore, par M. Corenwinder, qui a tiré de ses recherches analytiques la matière de deux mémoires successifs[1]. Le fait capital dont ce dernier savant a complété la démonstration est que le phosphore, dont les plantes ne peuvent se passer, et qui accompagne régulièrement en elles les substances azotées, après avoir existé dans les organes végétatifs naissants en quantité absolue croissante, mais en proportion relative de plus en plus faible, finit par les abandonner pour se concentrer dans la graine, qui, à son tour, en sera la première et la principale source pour la jeune plante destinée à en sortir.

[1] Études sur les migrations du phosphore dans les végétaux, par M. Corenwinder. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, L, 1860, p. 1135-1137; *Mémoires de la Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, 1860. 14 pages; *Annales des sciences naturelles*, 4e série, XIV, 1860, p. 39-51.) — De la migration du phosphore dans la nature, par le même. (*Mémoires de la Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, 1862. 39 pages.)

Au delà du terme auquel nous sommes parvenu en ce moment, on franchit les limites de la physiologie végétale pour entrer dans le domaine de la chimie organique. On n'a plus, en effet, qu'à rechercher la composition chimique des plantes, la répartition de leurs principes constituants, les modifications qui s'opèrent dans la nature et la proportion de leurs matières composantes, pendant le cours de leur végétation, etc. Or il est à peine besoin de dire que l'analyse chimique est le seul agent de ces diverses déterminations. Il n'y a donc aucun motif pour exposer ici les perfectionnements importants que la science a reçus dans ces derniers temps, relativement à un ordre de connaissances dont la place est marquée ailleurs, dans le tableau général des progrès scientifiques récents dont notre pays peut justement revendiquer l'honneur.

### Art. 8. — Reproduction.

La conservation indéfinie des espèces chez les êtres vivants repose uniquement sur la faculté qui leur a été donnée de se reproduire, c'est-à-dire de donner naissance à d'autres êtres qui leur ressemblent et qui, à leur tour, revivront dans leur descendance. En effet, tout individu doué de la vie naît, se développe, pour atteindre l'apogée de son énergie vitale, s'affaiblit ensuite et meurt. A cet égard, le monde végétal, qui renferme les êtres le plus heureusement dotés, n'offre cependant que de simples différences de durée, et l'enchaînement des phénomènes s'y montre tout à fait identique, depuis les espèces annuelles, pour lesquelles les deux termes extrêmes de l'existence sont séparés à peine l'un de l'autre par l'espace de quelques mois, jusqu'à ces colosses de la création, dont la vie individuelle peut embrasser une longue suite de siècles, comme on le voit pour les gigantesques Baobabs (*Adansonia*) de l'Afrique occidentale, pour les *Sequoia* de la Californie, les *Eucalyptus* de l'Australie, etc.

Toute espèce végétale doit donc se reproduire, sous peine de disparaître à une époque plus ou moins éloignée, mais certaine.

Or sa reproduction résulte de deux grands phénomènes, dont l'un est la conséquence directe et nécessaire de l'autre. Il faut, en effet, du moins pour tous les végétaux pourvus de fleurs, c'est-à-dire phanérogames, les seuls auxquels s'applique notre Rapport, il faut que l'un des deux organes reproducteurs, ou l'*étamine*, agisse sur l'autre, appelé *pistil*, au moyen de la poussière fécondante ou *pollen*, qui s'est développé dans la plus essentielle de ses deux parties constitutives, l'anthère. Celle-ci, après être restée close jusque vers le moment où le pollen atteint son état parfait, s'ouvre alors de manières diverses et permet ainsi aux grains généralement libres du pollen de se laisser emporter par l'agitation de l'air, par les insectes, etc. jusque sur le stigmate du pistil, que l'état de sa surface rend parfaitement apte à le retenir et à exercer sur lui une action toute spéciale. Sous l'influence de cette action, qui n'est pas l'une des moindres merveilles de la vie végétale, chaque grain de pollen présente un phénomène que, sans trop de hardiesse, on a pu appeler une sorte de germination : il s'allonge en un tube très-délié, fermé à son extrémité, dans lequel se porte le liquide fécondant, ou fovilla, qui le remplissait ; ce tube s'insinue entre les cellules du stigmate laissé à découvert par une lacune de l'épiderme général de la plante ; il s'allonge graduellement, grâce à une nutrition locale dont il puise les éléments autour de lui, et il arrive ainsi jusque dans la partie inférieure du pistil, c'est-à-dire dans l'*ovaire*, dont la cavité renferme les *ovules*, auxquels son action mystérieuse va imprimer une vie nouvelle qui en fera des graines.

Cette première phase de la reproduction constitue le phénomène fondamental de la *Fécondation*. Les observations très-nombreuses qui ont été faites jusqu'à ce jour prouvent que, dans les végétaux phanérogames, aucun ovule ne peut passer à l'état de graine féconde, sans avoir subi l'influence spéciale et vivifiante du tube pollinique, en d'autres termes, qu'il ne peut y avoir production de graines, ni par suite reproduction, sans fécondation préalable. Toutefois des expériences faites au siècle dernier par le célèbre

physiologiste italien Spallanzani semblaient montrer que, dans les espèces à fleurs unisexuées, c'est-à-dire dans lesquelles la même fleur ne réunit pas, l'une à côté de l'autre, l'étamine et le pistil, il peut y avoir exception à cette grande loi générale. Reprises dans ces dernières années, étendues surtout à un singulier végétal de l'Australie, le *Cælebogyne*, qui semblait présenter habituellement, dans les jardins de l'Europe, un fait du même ordre à l'abri de toute contestation, ces observations ont conduit plusieurs physiologistes de notre époque à admettre la possibilité d'une production de graines fécondes sans intervention du pollen, phénomène entièrement anormal s'il était réel, auquel on a donné le nom de *Parthénogénèse*, déjà usité pour désigner ce qui a lieu chez quelques animaux.

Si la possibilité de la parthénogénèse, admise, même aujourd'hui, par quelques botanistes, a fourni matière à une objection contre la généralité sans réserve de la loi de la fécondation, un argument puissant en faveur de la réalité de ce dernier phénomène a été tiré de l'*Hybridation*, c'est-à-dire de cette particularité, remarquable au plus haut point, que, lorsque le pollen d'une espèce de plante tombe sur le pistil d'une espèce différente mais voisine, il peut y avoir fécondation de celle-ci. Dans ce cas, les graines produites donnent naissance à un être dans lequel se réunissent des caractères propres aux deux plantes desquelles il est issu. Assez fréquent, dans certains genres, entre des espèces qui croissent spontanément dans les campagnes, cet important et curieux phénomène est devenu, sous les mains des physiologistes et des horticulteurs, la source d'un grand nombre de formes végétales nouvelles, dont les unes servent à l'ornement des jardins, tandis que d'autres se recommandent par l'abondance ou le mérite des produits qu'elles fournissent.

De quelque manière qu'elle se soit effectuée, soit d'après l'ordre naturel des choses, dans la même espèce, soit par croisement entre deux espèces différentes ou entre deux variétés d'une même espèce,

la fécondation détermine la formation d'un embryon, c'est-à-dire d'un nouvel être. Grâce aux perfectionnements considérables qui ont été apportés dans ces derniers temps, tant à la construction du microscope qu'à l'art de préparer et d'observer, on a pu remonter jusqu'à l'origine première de ce nouvel être que fait naître l'influence du pollen dans une cellule centrale de l'ovule, amplifiée en sac embryonnaire. On l'a suivi ensuite pas à pas à travers toutes les phases du développement qui, de l'état de simple petit amas de matière plasmique, le fait passer successivement à celui de cellule unique, puis divisée en deux, plus tard de globule celluleux terminant un filament suspenseur, enfin d'embryon parfait, constituant une plante en miniature et pourvue de ses différents organes végétatifs. Cette étude, qui offre un immense intérêt, en même temps qu'elle exige une rare habileté et une persévérance infatigable dans ceux qui s'y livrent, est désignée commodément sous le nom d'*Embryogénie*. C'est la partie de la physiologie végétale qui s'est enrichie des plus beaux et des plus nombreux travaux dans ces dernières années.

En résumé, pour envisager dans son ensemble la reproduction végétale, il faut se placer à quatre points de vue différents, et étudier successivement : la *fécondation*, avec les circonstances diverses dans lesquelles elle peut s'effectuer, et en y rattachant la considération de l'*hybridation* et de la *parthénogénèse;* l'*embryogénie*. Telle est aussi la marche qui sera suivie dans cet article, dont la division en quatre paragraphes, relatifs aux quatre points qui viennent d'être indiqués, sera rigoureusement en rapport avec la nature même des choses.

§ 1. Fécondation.

Ainsi qu'on vient de le voir, l'accomplissement de ce phénomène essentiel repose sur l'émission des tubes polliniques destinés à porter la fovilla jusqu'à l'intérieur des ovules. Cette émission a lieu normalement sur le stigmate même, qui, dans la fleur épanouie,

se montre généralement enduit d'une humeur visqueuse, semblable d'aspect à du sirop ou à une solution gommeuse, et dès lors en parfait état pour déterminer l'endosmose lente qui amène l'allongement de la membrane pollinique en tube fécondateur. Toutefois, d'après M. Baillon[1], il n'en serait pas toujours ainsi, et on verrait même, dans les *Helianthemum*, des grains de pollen en grand nombre, qui restent attachés aux parois de l'anthère ouverte, à peu près à la place où ils se sont développés, produire là leur tube, qui s'avancerait horizontalement vers le stigmate, à travers l'air, et qui, arrivé vers le centre de cet organe, se couderait et inclinerait son extrémité vers le bas pour atteindre les papilles stigmatiques. Ce fait s'écarte assez de tout ce qu'on a vu dans la généralité des plantes, pour qu'il y eût un intérêt réel à en observer toutes les circonstances, surtout à en rechercher les causes.

Quoi qu'il en soit à cet égard, lorsqu'un ou plusieurs tubes polliniques sont arrivés, dans la cavité de l'ovaire, jusqu'aux ovules, la fécondation de ceux-ci s'opère. Ils commencent bientôt à grossir, et en même temps les parois de l'ovaire prennent un accroissement corrélatif, souvent même très-considérable, qui en fait, dans une prune ou une pêche, par exemple, toute la masse extérieure à la graine, composée du noyau et de la partie comestible, qu'on désigne, dans son ensemble, sous le nom de péricarpe. Dans ce cas normal, il est évident que la vie nouvelle imprimée à l'ovaire par la fécondation se manifeste dans la substance qui en forme les parois, comme dans les ovules, qui cependant ont été seuls soumis à l'influence pollinique. Mais lorsque, pour une cause ou une autre, ces ébauches des semences ne sont point fécondées, l'ovaire qui les entoure est-il nécessairement condamné à périr sans prendre le moindre accroissement?

On pouvait déjà répondre négativement à cette question, du moins pour quelques plantes cultivées dont le péricarpe se développe

[1] Sur l'émission des tubes polliniques des *Helianthemum*, par M. Baillon. (*Adansonia*, II, 1861-1862, p. 54-59.)

normalement, sans renfermer jamais de graines, comme on le voit pour les Bananiers, l'Ananas, le Raisin de Corinthe, la Poire sans pepins; mais M. Naudin a voulu chercher dans l'expérimentation une réponse relative à d'autres plantes [1]. Il a recouru pour cela à des Cucurbitacées. Il a fécondé des fleurs femelles d'*Ecbalium*, soigneusement séquestrées et certainement vierges, avec le pollen de diverses autres espèces, telles que le *Citrullus Colocynthis*, le *Cucumis dipsaceus*, le Melon, les *Bryonia cretica* et *alba*. Dans tous ces cas, les fécondations croisées ont été sans résultat quant aux graines, qui sont restées rudimentaires, ou qui, lorsqu'elles ont grossi, n'ont guère développé que leurs portions externes sans former d'embryon; mais l'ovaire a subi une influence évidente par suite de l'action du pollen, et s'est accru en un péricarpe qui, parfois, a pris des dimensions à peu près égales à celles qu'il offre dans le fruit normal de l'*Ecbalium*. Il n'est pas inutile d'ajouter que les fleurs femelles des mêmes plantes, sur le stigmate desquelles on n'avait pas déposé de pollen, ont simplement séché, sans que leur ovaire prît le moindre grossissement.

L'arrivée du pollen sur le stigmate étant la condition essentielle pour que la fécondation puisse avoir lieu, il ne faut pas s'étonner que la nature emploie mille moyens différents pour amener ce résultat : la situation dressée, pendante ou horizontale, pour un grand nombre de fleurs, selon que leurs étamines sont plus longues, plus courtes ou à peu près de même longueur que le pistil, l'intervention des insectes, qui, en allant d'une plante à l'autre pour en sucer le nectar, sont un excellent agent de transport de la poussière fécondante, des mouvements et des changements de direction exécutés par les organes reproducteurs eux-mêmes, tels sont les principaux artifices grâce auxquels le pollen est amené sur le stigmate, dans l'immense majorité des cas. Les enveloppes florales

[1] Observations sur l'accroissement de certains ovaires et leur conversion en fruit, sans développement de graines embryonnées, par M. Ch. Naudin. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, XLIV, 1857, p. 383-387.)

étaient regardées, jusqu'à ces derniers temps, comme entièrement étrangères à ce fait, et cependant M. Fermond est venu récemment nous apprendre qu'elles peuvent également y concourir d'une manière toute mécanique, mais néanmoins efficace[1]. D'après ses observations, le périanthe des fleurs peut favoriser la fécondation de six manières différentes : 1° au moment où la fleur se flétrit, les pièces ou divisions de son périanthe se recourbent vers le pistil qu'elles embrassent et sur lequel elles déposent alors sans difficulté le pollen, qui préalablement était tombé sur leur surface interne et souvent y avait été retenu par des poils ou par d'autres dispositions particulières. Ce fait, appelé par M. Fermond *inconvoluture*, est signalé par lui comme se produisant chez diverses Iridées ; 2° ailleurs, la fécondation est favorisée parce que le périanthe, en se flétrissant, applique l'une contre l'autre ses divisions déjà chargées de pollen ; c'est ce qui a lieu chez quelques Iris (*I. notha*, *halophila*, *etc.*), les Glaïeuls, les *Hemerocallis fulva* et *flava*, *etc.*; 3° dans certaines Malvacées (*Hibiscus*, *Althæa*, *Lavatera*, *etc.*), la corolle, sur laquelle s'est répandu beaucoup de pollen, se ferme, soit chaque soir, soit en se flétrissant, et vient ainsi porter du pollen sur les stigmates, qui, terminant un long style, auraient pu sans cela échapper à l'action de la poussière fécondante ; 4° dans quelques plantes, comme les Violettes, les étamines, que dépasse longuement le style, versent de bonne heure leur pollen que reçoit la corolle ; puis celle-ci, allongeant notablement sa portion inférieure resserrée en tube, vient frotter contre le stigmate et y dépose ainsi la poussière qu'elle avait retenue ; 5° souvent, quand le style est plus long que les étamines, la fleur penche ou se renverse, de telle sorte que le pollen, en tombant par son poids, à sa sortie des anthères, rencontre le stigmate et s'y arrête ; alors le périanthe forme un abri contre la pluie qui, sans lui, enlèverait la poussière fécondante

[1] Faits pour servir à l'histoire générale de la fécondation chez les végétaux, par M. Ch. Fermond. (*Mémoires de la Société d'émulation pour les sciences pharmaceutiques*, 1859 ; tirage à part en brochure in-8° de 45 pages.)

et amènerait ainsi la stérilité, ou, comme on le dit vulgairement, ferait couler les fleurs; ce fait se montre chez plusieurs Campanules; 6° enfin la corolle, en restant close, soit dans son ensemble, soit dans certaines de ses parties (carène des Papillonacées), jusqu'après la sortie du pollen, facilite l'arrivée de celui-ci sur le stigmate, de diverses manières. M. Fermond a de plus refait et étendu les observations antérieures, relativement à différentes particularités qui ont pour effet d'amener le pollen sur le stigmate, comme lorsque le style, en s'allongeant, fait passer son extrémité dans le tube formé par les anthères adhérentes entre elles et déjà ouvertes (Composées, Lobéliacées, etc.), ou lorsque les Nigelles recourbent leurs longs styles pour reporter les stigmates au niveau des étamines, beaucoup plus courtes qu'eux, ou encore lorsque les étamines, notablement moins longues que le style, jusque près du moment où la fleur va s'épanouir, commencent alors à s'allonger rapidement pour atteindre le niveau du stigmate. Ces faits intéressants sont autant d'épisodes de l'histoire du phénomène qui amène la reproduction des végétaux, et dont la nature a su assurer l'accomplissement par des moyens dont la variété provoque à bon droit notre étonnement et notre admiration.

L'immense majorité des fleurs étant hermaphrodites, c'est-à-dire réunissant les deux sortes d'organes reproducteurs, étamines et pistils, et les précautions diverses prises par la nature devant déterminer l'arrivée du pollen sur le stigmate, la fécondation devrait ne pas rencontrer de difficultés dans la plupart des cas. Cependant des observations déjà nombreuses, qui ont été poursuivies avec persévérance dans ces dernières années, semblent prouver que le pollen reste souvent sans effet lorsqu'il tombe sur le stigmate de la fleur qui l'a produit lui-même. Au contraire, il détermine à peu près certainement la formation de bonnes graines lorsqu'il arrive sur le stigmate d'une fleur différente, surtout quand cette fleur est portée sur un autre individu de la même espèce. Cette particularité curieuse se rattache fréquemment au dimorphisme des fleurs, c'est-à-

dire à ce fait remarquable observé d'abord par M. Ch. Darwin sur les *Primula* et fort bien interprété par lui, que la même espèce végétale peut avoir des fleurs de deux, parfois même de trois sortes, distinguées les unes des autres par la longueur relative des étamines et du pistil. Or, dans ces cas, dont divers botanistes, surtout M. Hildebrand, ont fait connaître de nombreux exemples, les fleurs d'une sorte, fécondées par leur propre pollen, restent le plus souvent stériles, tandis que le pollen pris dans celles de l'autre sorte les rend fécondes, et réciproquement.

M. H. Lecoq, qui, depuis longtemps déjà, avait eu connaissance de certains de ces faits, en a récemment généralisé les conséquences[1], et a distingué dans les végétaux deux modes de fécondations : la fécondation *directe*, qui s'effectue entre l'étamine et le pistil d'une même fleur; la fécondation *indirecte*, qui résulte de l'action du pollen d'une fleur sur le pistil d'une fleur différente. Celle-ci serait, d'après ce botaniste, la plus fréquente des deux, et la première formerait presque une exception. Il y a là une voie nouvelle ouverte aux observateurs, et on ne saurait trop encourager M. Lecoq à y marcher résolûment, en se tenant sans cesse en garde contre deux écueils opposés : une trop grande fidélité aux idées anciennes et une propension systématique vers les théories nouvelles.

§ 2. Embryogénie.

Le point de départ nécessaire pour toute histoire embryogénique, c'est la recherche de l'origine première de l'embryon, ou du nouvel être végétal qui, une fois né, va parcourir toutes les phases de son évolution enfermé sous les téguments de la graine, presque toujours aussi sous les parois de l'ovaire graduellement transformées en péricarpe, et qui, ensuite, grâce à la germination, deviendra une plante nouvelle, vivant de sa vie propre. La recherche de cette origine première a été longtemps interdite aux botanistes par suite

[1] De la fécondation indirecte dans les végétaux, par M. H. Lecoq. (*Comptes rendus*, LIV, 1862, p. 1247-1252; *Bull. de la Soc. bot. de France*, IX, 1862, p. 211-217.)

de l'extrême petitesse des objets à examiner et de l'imperfection de l'instrument grossissant qui seul pouvait permettre de se livrer à cet examen; mais, dès l'époque, encore peu éloignée de nous, où le microscope a reçu les immenses perfectionnements qui en ont fait un moyen d'observation presque parfait, les études sur cette question fondamentale ont été abordées et ensuite poursuivies avec une ardeur sans égale; la science a été enrichie d'un grand nombre de travaux d'une haute valeur, qui n'ont cessé de se multiplier que lorsque l'accord s'est fait à cet égard, et que les dissidents ont reconnu hautement, avec une parfaite loyauté, l'erreur matérielle qui avait amené leur divergence d'opinion. Quelques détails explicatifs sont nécessaires à ce sujet.

L'ovule, qui doit, une fois fécondé, devenir une graine, apparaît et se développe d'abord comme une petite masse de parenchyme entièrement pleine; mais, quelque temps avant que la fleur soit en état de s'épanouir, l'une des cellules de ce parenchyme, située vers le centre de la petite masse, commence à s'amplifier plus que toutes les autres, et finalement elle forme un véritable sac intérieur, rempli de liquide organisable, dans la cavité duquel doit naître et se développer l'embryon, et qui, pour ce motif, est appelé *Sac embryonnaire*. Pour que la fécondation ait lieu, il faut qu'un tube pollinique, après être arrivé, à travers le stigmate et le style, dans la cavité de l'ovaire, s'insinue entre les cellules assez lâches du tissu même de l'ovule qui recouvre de toutes parts le sac embryonnaire, jusqu'aux parois très-délicates de celui-ci. Mais là que se passe-t-il? Un savant botaniste allemand, Horkel, et surtout, après lui, son neveu, M. Schleiden, ont avancé que l'extrémité du tube pollinique, continuant de s'allonger, refoule devant elle la membrane du sac qui, dès cet instant, l'enveloppe de la même manière que les membranes séreuses entourent les viscères; que, dans des cas plus rares, elle perfore cette même membrane; enfin que, de l'une ou l'autre de ces deux manières, elle descend plus ou moins profondément dans la cavité du sac pour y devenir elle-même la première

ébauche de l'embryon. Selon cette théorie embryogénique, à l'appui de laquelle ont été publiés de nombreux mémoires, surtout par Schacht, élève de M. Schleiden, la détermination habituelle des sexes dans les plantes serait le contraire de la réalité; en effet, si le pollen, produit dans l'étamine, est destiné à devenir l'embryon lui-même, par l'extrémité du tube qui émane de lui, il n'est pas l'agent fécondateur ou le représentant du sexe mâle, mais chacun de ses grains constitue un germe qui n'a besoin que de subir une influence vivifiante de la part du sac embryonnaire pour se développer en embryon. L'étamine est donc proprement l'organe porte-germes ou femelle, et le pistil, dans lequel se trouve l'agent vivifiant ou fécondateur de ces germes, est tout aussi réellement l'organe fécondant ou mâle.

Contrairement à cette théorie, une autre manière de voir a été professée dès l'origine, et peu à peu, grâce aux nombreuses et très-belles observations sur lesquelles l'ont appuyée plusieurs botanistes, surtout en Allemagne MM. Hofmeister, H. von Mohl, Radlkofer, Schacht lui-même, dans les dernières années de sa vie et après qu'il a eu reconnu et avoué loyalement son erreur antérieure, en Italie Amici, en France M. L.-R. Tulasne, elle a fini par être universellement admise comme la seule expression rigoureuse des faits. Elle consiste en ce que l'extrémité du tube pollinique arrive en contact avec la membrane du sac embryonnaire, s'y applique exactement en s'épatant même assez souvent, mais sans jamais la refouler profondément ni la percer. A ce moment, sous la voûte de ce sac, par conséquent sur un point très-voisin de celui où est venu s'appliquer extérieurement le tube pollinique, se trouvent suspendus de très-petits amas ovoïdes ou arrondis de matière éminemment organisable ou protoplasmique, en général au nombre de deux. Une action inconnue, probablement endosmique, a lieu entre le contenu du tube pollinique et ces petits amas protoplasmiques, qualifiés dès lors de *vésicules embryonnaires*. Cette action est la fécondation proprement dite, ou du moins son acte intime et fondamental. Presque toujours une

seule de ces vésicules subit cette action; elle se couvre dès lors d'une membrane de cellulose et devient une cellule. Celle-ci ne tarde pas à partager sa cavité en deux superposées, et le petit corps bicellulé qu'elle forme ainsi est parfois désigné sous le nom de *Préembryon*. Des deux cellules ainsi produites, l'inférieure seule deviendra le siége de nombreuses subdivisions successives, qui en feront d'abord un globule parenchymateux, puis et finalement un embryon; la supérieure restera longtemps adhérente à la face interne du sac, sous sa voûte, et une subdivision très-limitée de sa cellule la convertira en un petit filament au bout duquel sera suspendu l'embryon, et qui sera, pour ce motif, nommé *Filament suspenseur* ou simplement *Suspenseur*. Le suspenseur finira par s'oblitérer, et dès lors l'embryon, parvenu à un développement avancé, restera libre à l'intérieur de la graine.

Cette série de faits aujourd'hui incontestables démontre l'exactitude des idées généralement admises au sujet des sexes des plantes: l'étamine est bien l'organe mâle, puisque le pollen qui se développe en elle est l'agent fécondant; le pistil, de son côté, est bien l'organe femelle puisqu'il renferme la vésicule embryonnaire qui, fécondée par l'influence du tube pollinique, doit se développer en embryon, c'est-à-dire en un nouvel être semblable à celui dont il est né.

Il peut sembler étrange que, sur un point dont l'élucidation était uniquement du ressort de l'observation directe, il ait pu y avoir divergence prononcée, on peut même dire contradiction complète entre les idées professées par les botanistes distingués qui ont consacré plusieurs années à des recherches assidues sur l'embryogénie; mais, si l'on songe à l'extrême petitesse des objets qu'il faut observer pour ces études, ainsi qu'à leur prodigieuse délicatesse, par conséquent aux difficultés considérables qu'offrent les préparations à exécuter, on s'étonnera plutôt que tant d'obstacles aient pu être levés à force de persévérance, d'habileté, et l'on en viendra certainement à voir dans l'acquisition de nos connaissances actuelles sur

l'origine de l'embryon végétal le progrès le plus saillant qui ait été accompli de nos jours dans les sciences d'observation. S'il fallait une preuve directe de l'immense difficulté qu'offrent les recherches de cette sorte, on la verrait dans ce fait, qu'en unissant leur rare talent d'observation et leur persévérance à toute épreuve, MM. L.-R. et Ch. Tulasne, les seuls qui, parmi nous, aient porté toute leur attention sur l'origine première de l'embryon végétal, ont été conduits à professer successivement les deux opinions contradictoires qui se trouvaient en présence à l'époque où ils exécutaient leurs remarquables travaux sur ce sujet. Dans une note qui renfermait les résultats de leurs premières mais déjà longues études[1], ils adoptaient les idées de MM. Horkel et Schleiden, et considéraient l'embryon comme constitué, à l'origine, par l'extrémité close du tube pollinique; mais, en poursuivant encore ces recherches pendant plusieurs années, ils ont pleinement reconnu l'inexactitude de cette manière de voir, et les deux grands mémoires qui ont été publiés par l'un d'eux, à d'assez longs intervalles, doivent être cités[2] parmi ceux qui ont le plus puissamment contribué à démontrer que le germe premier du nouvel être n'est pas autre chose que celle des vésicules contenues dans le sac embryonnaire, qui a subi l'influence fécondante du tube pollinique resté toujours en dehors de ce sac, mais intimement appliqué contre sa mince paroi. Toutefois il est resté une divergence d'opinion, sur un point assez important, entre M. L.-R. Tulasne et la généralité des observateurs qui se sont occupés attentivement d'embryogénie, parmi lesquels il faut citer avant tout M. Hofmeister, le savant professeur d'Heidelberg. Les observations de ces derniers leur ont toujours montré les vésicules embryonnaires déjà formées avant le moment où le tube

[1] Étude d'embryogénie végétale, par MM. L.-R. et Ch. Tulasne. (*Comptes rendus*, XXIV, 1847, p. 1060.)

[2] Études d'embryogénie végétale, par M. L.-R. Tulasne. (*Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, XII, 1849, p. 21-137, pl. 3-7.) — Nouvelles études d'embryogénie végétale, par le même. (*Annales des sciences naturelles*, 4ᵉ série, IV, 1855, p. 65-122, pl. 7-18.)

pollinique arrive en contact avec la membrane du sac, dès lors, à leurs yeux, la formation première de ces vésicules n'est pas due à l'influence du tube sur le protoplasma général contenu dans ce même sac; en d'autres termes, d'après eux, le germe proprement dit existe alors, mais il serait incapable de se développer si la fécondation ne venait faire naître en lui cette aptitude. Au contraire, M. Tulasne ne croit pas que ces mêmes vésicules existent avant l'arrivée du tube pollinique. Il admet que leur apparition première est, tout aussi bien que leur aptitude à se développer en embryon, le résultat de l'influence pollinique.

Il serait impossible d'analyser ici les beaux mémoires embryogéniques de M. L.-R. Tulasne. Pour saisir l'exposé ainsi que l'enchaînement des nombreuses observations dont les détails y sont consignés, il faut nécessairement avoir sous les yeux les figures qui représentent les objets eux-mêmes. Disons seulement, comme garantie complète de la fidélité de ces figures, que celles en très-grand nombre qui couvrent les seize planches jointes aux deux mémoires ont toutes été dessinées à la chambre claire, par M. Ch. Tulasne, d'après des préparations dont il était le principal auteur.

Le développement de l'embryon végétal, abstraction faite de sa naissance même, a fourni le sujet de quelques travaux spéciaux et aussi d'observations isolées, qui sont restées éparses au milieu d'autres écrits, surtout de ceux qui ont pour objet spécial l'organogénie florale, et dont la mention devra dès lors se trouver dans l'un des chapitres suivants de ce Rapport. C'est particulièrement dans les Conifères que ce développement a été suivi, parce que, chez ces Dicotylédones gymnospermes, il se présente dans des conditions spéciales et avec une complexité de détails qu'on ne retrouve pas ailleurs. Chez eux, en effet, les embryons ne sont pas uniques, mais multiples, à l'origine; en outre, ils ne se produisent pas immédiatement dans la cavité indivise du sac embryonnaire. Par l'effet d'une organisation toute spéciale, on voit apparaître, dans le haut de celui-ci, un groupe ou une sorte de rosace de très-petites cellules que R. Brown

a nommées corpuscules. Chaque corpuscule, à son tour, produit, dans son intérieur, une rosette de cellules qui sont en général au nombre de quatre, et avec lesquelles le tube pollinique vient se mettre en contact. Ensuite chacune des cellules de cette rosette produit une sorte de filament que constituent quatre autres cellules disposées bout à bout, fort inégales en longueur, et dont l'inférieure ou terminale devient l'embryon, par l'effet d'une série de divisions et subdivisions successives analogues à celles qui ont lieu chez toutes les autres Phanérogames. Parmi les embryons qui se produisent ainsi dans le même ovule, un seul arrive à son développement complet et sert, par conséquent, à la reproduction du végétal sur lequel il a pris naissance; les autres s'arrêtent plus ou moins tôt dans leur évolution, et on n'en trouve plus que les restes inertes dans la graine adulte.

La connaissance de ces faits curieux, dont l'enchaînement constitue l'histoire de la fécondation et de la naissance des embryons chez les Gymnospermes, n'a pu être acquise que par une longue série de recherches basées sur des dissections difficiles et sur un examen très-attentif. Si l'honneur de les avoir complétées revient à des savants allemands, surtout à M. Hofmeister, des observateurs de notre pays ont eu le mérite d'aplanir presque entièrement la voie, et de préparer dès lors très-utilement le résultat final. Ce mérite, toujours fort grand dans les sciences d'observation, appartient à MM. de Mirbel et Spach, qui, peu de temps après la publication des premières données fournies sur ce sujet par R. Brown, ont décrit et figuré[1] la plupart des phases embryogéniques chez les *Pinus Laricio* et *silvestris*, les Thuia d'orient et d'occident, chez l'If, mais sans reconnaître l'action du tube pollinique dont ils n'ont pas vu la

[1] Notes sur l'embryogénie des *Pinus Laricio* et *silvestris*, des *Thuia orientalis* et *occidentalis* et du *Taxus baccata*, par MM. de Mirbel et Spach. (*Comptes rendus*, XVII, 1843, p. 931-936; *Annales des sciences naturelles*, 2e série, XX, 1843, p. 257-268, pl. 8-10.) — Note sur l'embryogénie du *Taxus baccata*, par les mêmes. (*Comptes rendus*, XVIII, 1844, p. 114-116.)

pénétration dans l'ovule. Après eux, M. Pineau a fait un pas de plus dans cette voie en observant l'entrée du tube pollinique et son arrivée jusqu'à la paroi des corpuscules [1]; mais là encore il a laissé une lacune, puisqu'il n'a pas observé les faits qui se passent à l'intérieur de ceux-ci. Toutefois il est aisé de reconnaître que, si ce dernier savant n'a pas soulevé complétement le voile qui cachait le phénomène le plus intime de la fécondation des Conifères, il n'en a laissé en place qu'une bien faible portion.

§ 3. Hybridité.

C'est un fait de la plus haute importance pour la physiologie des plantes que celui qui nous montre deux individus différents comme espèces, ou tout au moins comme variétés, se fécondant l'un l'autre et donnant ainsi naissance à un être nouveau, intermédiaire entre ses deux parents, puisqu'il participe des caractères de l'un et de l'autre. On nomme en général hybrides ces singuliers produits de la fécondation croisée; mais, lorsqu'on veut, à l'exemple de L. Vilmorin, mettre de la rigueur dans la distinction des degrés d'analogie qui existaient entre les types producteurs, on réserve la qualification d'*hybrides* pour les produits de deux espèces distinctes, et l'on distingue sous le nom de *métis* ceux qui proviennent de la fécondation croisée de deux variétés d'une même espèce; les mots d'*hybridation* et *métissage* désignent ainsi les deux degrés de cette fécondation, et celui d'*hybridité*, plus vague et plus large, est appliqué habituellement à l'histoire du phénomène lui-même, ainsi que des êtres auxquels il donne naissance. C'est en raison de sa signification générale que ce mot est inscrit dans le titre de ce paragraphe.

Depuis assez longtemps déjà les botanistes ont porté leur attention sur les hybrides et sur les circonstances qui en amènent ou accompagnent la formation. Dès la fin du XVII[e] siècle, Camerarius,

[1] Recherches sur la formation de l'embryon chez les Conifères, par M. Pineau. (*Annales des sciences naturelles*, 3[e] série, XI, 1849, p. 83-87, pl. 6.)

dans sa lettre justement célèbre à Valentini, qui renferme les premiers énoncés précis relativement à la fécondation dans le règne végétal, soulève à ce sujet des questions fondamentales, en termes fort nets. Mais c'est à un jardinier anglais, Thomas Fairchild, que revient le mérite d'avoir opéré le premier la fécondation croisée, peu avant 1719; après quoi, Linné, et plus que tout autre, Koelreuter, firent des expériences variées qui donnèrent une démonstration complète de la réalité de ce phénomène, et en firent connaître les conditions ainsi que les conséquences. Depuis une cinquantaine d'années, l'étude de l'hybridation et des hybrides a pris un essor tout nouveau : les jardiniers ont obtenu par ce genre de fécondation un grand nombre de formes nouvelles recommandables, les unes par leur beauté, les autres par les qualités distinguées de leurs produits; les physiologistes ont recherché avec soin et déterminé avec rigueur les circonstances et les effets du phénomène; enfin les botanistes descripteurs ont relevé avec soin les caractères des hybrides et métis qui naissent assez fréquemment dans la nature ou par les soins des cultivateurs.

Dans ces travaux modernes, qui ont jeté un jour très-vif sur cette importante question, les botanistes français de notre époque ont apporté le contingent le plus fort; aussi l'histoire de leurs recherches offre-t-elle un intérêt particulier. Or cette histoire peut être partagée en deux sections : celle des études qui ont embrassé la question de l'hybridité dans sa généralité, et celle des écrits qui ont eu pour objet des cas spéciaux d'hybridation et leurs produits, c'est-à-dire des hybrides particuliers, considérés quant à leur origine et à leurs caractères. Cette division est celle que nous adopterons ici.

A. *Hybridité en général.* C'est à MM. Naudin et Godron que la science doit, à ce sujet, les recherches expérimentales les plus attentives et les plus persévérantes. Le premier de ces deux botanistes a consacré plusieurs années, au Jardin des Plantes de Paris, à des expériences d'hybridation qui ont porté sur des plantes très-diverses

et qui ont été exécutées sur une grande échelle, grâce à l'espace considérable dont il lui était permis de disposer; il a semé les graines développées à la suite de ces fécondations croisées, et il a suivi, pendant plusieurs générations successives, les hybrides obtenus par lui de cette manière. Pendant le cours de ses patientes observations, il a relevé rigoureusement les caractères des plantes et les modifications qu'elles subissaient d'une génération à l'autre; il a même conservé des figures coloriées très-fidèles des fleurs et des fruits dans lesquels se montraient, avec la plus grande netteté, ces modifications successives; enfin, non content de constater ces faits appréciables à la vue simple, il a eu recours à l'examen sous le microscope pour reconnaître l'organisation du pollen et des organes reproducteurs de ses hybrides. Diverses notes lui ont servi à faire connaître quelques-uns des résultats de ses longues études, et, l'Académie des sciences de Paris ayant proposé, en 1860, la question de l'hybridité dans les végétaux comme sujet de concours, il a résumé son travail tout entier dans un mémoire qui lui a valu le prix Bordin pour l'année 1862[1].

Ces observations et ces expériences ont fait faire un grand pas à la science au sujet des caractères des hybrides et des effets de l'hybridation. La plupart des questions que soulevait l'histoire de ce phénomène ont été définitivement résolues, ou tout au moins ont été éclairées d'un jour nouveau; or plusieurs d'entre elles n'avaient été encore envisagées que de manières contradictoires, ou n'avaient soulevé que des incertitudes. Jetons un coup d'œil rapide sur les principales de ces questions et sur la réponse que M. Naudin a été amené à y faire à la suite de ses recherches.

La plus importante de toutes consiste à savoir si les hybrides,

[1] Observations concernant quelques plantes hybrides qui ont été cultivées au Muséum, par M. Ch. Naudin. (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, IX, 1858, p. 257-278.) — Nouvelles recherches sur l'hybridité dans les végétaux, par le même. (*Nouvelles archives du Muséum*, I, 1865, p. 25-176, pl. 1-9; extrait dans les *Annales des sciences naturelles*, 4e série, XIX, 1863, p. 180-203.)

nés de deux espèces bien distinctes, peuvent se reproduire à leur tour par fécondation, ou s'ils sont condamnés à une stérilité absolue. Depuis Koelreuter, les physiologistes admettaient la dernière de ces idées. Dès lors, d'après eux, toute plante produite par hybridation était destinée à périr sans descendance même immédiate. Les faits se sont présentés tout autrement à M. Naudin. Sur 38 à 40 hybrides d'espèces qu'il a obtenus et décrits, 9 seulement, au plus 10, ont été stériles; tous les autres, formant les 3/4 du nombre total, ont donné des graines embryonées dont la germination a eu lieu sans difficulté. On se voit donc forcé de poser aujourd'hui un principe contraire à celui qui avait cours, et de dire que la plupart des hybrides proprement dits sont féconds et peuvent donner, à la suite de la fécondation, une descendance directe.

Mais, s'il en est ainsi, une fois qu'un hybride non stérile aura pris naissance, s'ensuit-il que sa descendance et par conséquent sa conservation seront indéfinies? Si cela était, chaque jour voyant naître des formes nouvelles susceptibles de se reproduire, que leur permanence mettrait tout à fait au niveau des types spécifiques primitifs, les lignes de démarcation entre les espèces proprement dites iraient sans cesse en s'affaiblissant, et ce type fondamental de tout classement ne tarderait pas à devenir insaisissable même pour les yeux les plus exercés. Heureusement, une pareille confusion n'est point à redouter; en effet, notre habile physiologiste a vu s'accuser, en général, dans ses hybrides féconds une tendance marquée à retourner vers leurs types producteurs, sans autre action que celle de la fécondation par leur propre pollen et sans influence nouvelle de l'un ni de l'autre des deux parents. Cette tendance est tellement active, qu'il suffit en général d'un petit nombre de générations pour qu'ils perdent tous les caractères qui les distinguaient soit du père, soit de la mère, et que leur retour à l'un ou à l'autre de ces parents s'effectue ainsi complétement.

L'aptitude des hybrides à produire des graines capables de germer se montre chez eux à des degrés très-divers; ces inégalités

sont-elles en rapport avec les ressemblances extérieures des espèces qui leur ont donné naissance? Il semble, au premier aperçu, qu'il doit en être ainsi. Toutefois les expériences faites par M. Naudin ne sont point venues confirmer cette idée. Elles lui ont montré, parmi les *Datura*, *Nicotiana*, *Cucumis*, des espèces très-voisines par l'ensemble de leurs caractères extérieurs, entre lesquelles la fécondation croisée ne peut s'opérer qu'avec beaucoup de difficulté, ou, si elle a lieu, ne donne naissance qu'à des hybrides stériles, tandis que d'autres, bien plus dissemblables botaniquement, se fécondent l'une l'autre avec une grande facilité, et donnent alors des hybrides très-féconds.

Puisque, parmi les hybrides, les uns sont féconds et les autres, en minorité, stériles, l'incapacité de ces derniers à produire de bonnes graines tient-elle à une imperfection du pollen ou bien des ovules? En général, les physiologistes ont été conduits par leurs recherches à penser que l'imperfection du pollen joue, à cet égard, le rôle principal. Même Klotzsch, généralisant peut-être un peu trop, a cru pouvoir poser en principe que c'est toujours dans le pollen, jamais dans l'ovule, qu'existent les vices d'organisation qui sont un obstacle insurmontable à la fécondation. M. Naudin a constaté l'exactitude des idées admises sous ce rapport relativement au pollen; ses observations le lui ont montré mal constitué chez les hybrides stériles, et formé d'un mélange de grains les uns imparfaits, les autres en bon état chez ceux où la fécondation peut avoir lieu; malheureusement, il n'a pu étendre ses observations à l'ovule, qui aurait exigé, à ce point de vue, les études les plus attentives, rendues fort délicates par l'extrême difficulté des préparations.

Le même botaniste a su enrichir encore d'autres données très-intéressantes l'histoire des hybrides. Par exemple, il a constaté ce qu'avait déjà signalé Sageret, que, sur ces êtres issus de deux autres, il existe fréquemment, non pas une véritable fusion, mais bien un simple rapprochement des caractères des deux parents, qui se dessinent alors l'un à côté de l'autre. Ainsi un hybride de deux

espèces de *Datura*, à capsule lisse chez l'une, épineuse chez l'autre, a produit des fruits qui offraient des places lisses éparses au milieu d'une surface partout ailleurs épineuse. C'est ce qu'il a qualifié de *Disjonction* des caractères, et il a pensé que cette disjonction amène le retour progressif de l'hybride à l'un des deux types desquels il est issu. Il a reconnu aussi que le même pistil peut subir à la fois une fécondation directe et une fécondation croisée, de telle sorte que le fruit qui en provient renferme des graines, les unes normales, les autres hydridées. C'est là un fait nouveau et dont la possibilité n'avait pas même été soupçonnée.

Les études attentives de M. Naudin sur les hybrides lui ont fourni encore des données importantes pour la solution d'une question du plus haut intérêt en histoire naturelle, celle de la variabilité, de ses limites et de ses conséquences. Il a exposé ses observations et ses idées sur ce sujet dans un mémoire postérieur à celui dont il vient d'être question [1]. Suivant avec une attention soutenue plusieurs de ses hybrides dans leurs générations successives, il a reconnu que généralement leur premier état, c'est-à-dire la génération issue directement des deux types originaires, offre une uniformité marquée et d'autant plus frappante qu'elle n'est pas affectée par le sens dans lequel s'est opéré le croisement. Par exemple, deux lots composés, l'un de 60 hybrides issus du *Datura lævis* fécondé par le *D. ferox*, l'autre de 70 plantes venant du *Datura ferox* fécondé avec le pollen du *D. lævis*, offraient une parfaite identité dans tous les 130 individus qu'ils comprenaient. Mais les graines récoltées sur ces plantes ont produit une seconde génération, aussi remarquable par sa diversité que la première l'avait pu être par son uniformité. C'est que cette nouvelle génération avait été atteinte de ce que notre auteur appelle la *variabilité désordonnée*, en vertu de laquelle on pourrait dire que chaque individu tire de son côté, exagérant certains caractères et en amoindrissant d'autres en proportion inverse. Une fois

[1] De l'hybridité comme cause de variabilité dans les végétaux, par M. Ch. Naudin. (*Comptes rendus*, LIX, 1864, p. 837-845.)

que cette variabilité désordonnée est intervenue, la descendance de chaque pied s'y montre assujettie, et chacune de ses graines produira une plante distincte par son aspect, ayant dès lors une forme à elle propre. On n'a plus alors que des variations individuelles qui peuvent se conserver par la greffe, mais non par le semis. M. Naudin est très-porté à croire que telles sont l'origine et la nature de nos innombrables variétés d'arbres fruitiers, de Rosiers et autres végétaux ligneux, pour lesquels la greffe, le bouturage et parfois le marcottage fournissent le moyen de subdiviser un seul pied en un nombre presque indéfini d'autres qui, vivant ensuite isolément, sembleront constituer autant d'invidus distincts, bien qu'ils ne soient en réalité que des démembrements d'un seul.

Quant à la variabilité des espèces, elle est surtout soumise à l'influence des milieux; elle n'est pas d'ailleurs individuelle et irrégulière; mais, une fois qu'elle a produit une forme, elle tend à la perpétuer, à la fixer en race, ou bien, au contraire, elle la laisse périr avec l'individu qui en avait été revêtu; mais les races elles-mêmes qui en résultent tendent sans cesse à disparaître pour retourner au type pur de l'espèce, et par là s'expliquent les soins dont on est forcé de les entourer, chez les espèces cultivées, qui, sans cela, tendent à s'abâtardir, comme on le dit vulgairement, c'est-à-dire à perdre leurs caractères distinctifs.

C'est au jardin botanique de Nancy, dont il est directeur, que M. Godron a fait les séries d'expériences sur lesquelles il a basé son opinion relativement à l'hybridation. Cette opinion diffère complétement de celle qu'a professée M. Naudin, car elle a pour base ce double principe : d'abord, que les hybrides d'espèces sont constamment et absolument stériles; ensuite, que, si ces hybrides, stériles par eux-mêmes, subissent l'action du pollen de l'un ou l'autre de leurs parents, ils deviennent féconds par cela même, et donnent ainsi naissance à des quarterons doués à un degré de plus en plus prononcé de la faculté de se reproduire par graines. Ces deux principes fondamentaux sont évidemment inconciliables avec les expé-

riences aussi nombreuses que démonstratives de M. Naudin. Ils étaient formulés en termes formels dans les premiers travaux du savant professeur de Nancy, surtout dans son grand mémoire présenté au concours de 1862[1]; mais, depuis cette époque, l'expression en a été modifiée à quelques égards par ce botaniste, de telle sorte qu'elle tend à se rapprocher des idées auxquelles ils étaient d'abord formellement opposés[2].

Les observations de M. Naudin sur le retour progressif de la grande majorité des hybrides vers l'un ou l'autre de leurs deux parents expliquent fort bien la multiplicité de formes que peuvent offrir les différents individus qui sont sortis originairement de deux espèces plus ou moins voisines l'une de l'autre; on conçoit, en effet, que chacun des pas qu'ils feront dans cette voie du retour sera marqué par un aspect particulier, et qu'il proviendra de là une fort grande diversité, pour peu que l'on considère un nombre tant soit peu considérable de ces hybrides. Toutefois, avant que cette donnée capitale eût été introduite dans la science, M. Grenier avait tâché d'expliquer cette même diversité de formes hybrides par une hypothèse dont il avait fait l'application à des Narcisses, des *Serapias* et des *Cirsium*, rencontrés par lui à l'état spontané[3]. Il admettait que, dans la fécondation croisée, le pollen de l'un des parents pouvait agir sur les différents ovules de l'autre avec des degrés d'énergie fort divers, et par conséquent donner lieu à la formation de graines plus ou moins fortement hybridées, pourrait-on dire, en se plaçant à ce point de vue. Il sera sans doute difficile de contredire directement cette hypothèse; mais il serait au moins aussi difficile d'en

[1] Des hybrides végétaux considérés au point de vue de leur fécondité et de la perpétuité ou non-perpétuité de leurs caractères, par M. Godron. (*Annales des sciences naturelles*, 4ᵉ série, XIX, 1863, p. 135-179.)

[2] Nouvelles expériences sur l'hybridité dans le règne végétal, faites pendant les trois dernières années, par M. Godron. (*Comptes rendus*, LXII, 1866, p. 379-380; *Mémoires de l'Académie de Stanislas*, vol. de 1865, 40 pages.)

[3] De l'hybridité et de quelques hybrides en particulier, par M. Ch. Grenier. (*Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, XIX, 1853, p. 141-157.)

donner une démonstration réelle, tandis qu'en suivant un hybride dans ses générations successives, M. Naudin en a rendu indubitable le retour graduel aux deux types producteurs, et cette circonstance rend un compte précis des mêmes faits.

B. *Hybridité considérée dans des cas particuliers.* L'histoire scientifique de l'hybridité nous apprend que les botanistes ont considéré ce grand phénomène et les résultats qu'il produit de deux manières diamétralement opposées. D'abord, beaucoup d'entre eux niaient formellement qu'il pût exister des hybrides nés de deux espèces bien tranchées, ou tout au plus croyaient-ils qu'il s'en produisît dans des cas fort rares et tout à fait exceptionnels. Plus tard, les exemples d'hybridation tant spontanée qu'artificielle sont devenus nombreux, incontestables, et dès lors les observations se sont multipliées de jour en jour en l'absence de toute contradiction sérieuse. On est même tombé alors dans un extrême opposé, et l'emploi du mot *hybride* est devenu un moyen commode, mais nullement rigoureux, pour lever les difficultés qu'offrait le classement des formes peu tranchées et des variétés dont on ne pouvait présumer la véritable origine. Aujourd'hui, et dans l'état actuel des choses, il serait presque impossible d'indiquer tous les cas particuliers de plantes hybrides ou supposées telles qui ont été signalés. D'ailleurs, ce relevé, dont l'utilité serait assez limitée, n'appartient pas à la botanique physiologique et rentre logiquement dans le cadre de la botanique descriptive, puisque les auteurs n'ont guère fait autre chose que dépeindre en langage descriptif les formes qu'ils avaient sous les yeux. Toutefois il est un cas particulier qui se distingue entre tous les autres, tant par les conséquences de premier ordre qu'on a voulu en tirer que par les persévérantes observations et par les expériences spéciales auxquelles il a donné lieu ; il semble donc indispensable de présenter ici le tableau historique de ce qui a été fait à cet égard et des différents états par lesquels a passé la science relativement à cette question.

L'ignorance complète dans laquelle nous sommes relativement à

l'origine première de la plus précieuse de nos céréales, le Blé, avait fait naître depuis longtemps l'idée qu'il pouvait bien n'être qu'une forme de l'une de nos Graminées sauvages, améliorée et perfectionnée par une culture non interrompue pendant une longue série de siècles. Celle de nos Graminées sur laquelle les idées se portèrent de préférence fut l'*Ægilops ovata* L. qui abonde dans les terres sèches et le long des champs de toute l'Europe méridionale, et qui appartient à un genre réuni jadis et de nos jours par quelques botanistes aux véritables *Triticum*. Ces idées étaient purement hypothétiques et ne reposaient sur aucun fait positif, lorsqu'un jardinier-botaniste d'Agde, Fabre (Esprit), observateur exact autant qu'expérimentateur ingénieux, crut pouvoir en donner une démonstration positive[1]. Il avait été précédé dans cette voie, d'après Bory Saint-Vincent, par Latapie, de Bordeaux, qui n'avait rien publié touchant ses observations, et aussi, d'après Dunal, par un propriétaire de Saint-Gilles, M. Timon-David, qui n'avait pas poussé fort loin ses essais.

On trouve fréquemment, dans le midi de la France, trois *Ægilops* différents : *Ægilops ovata* L. *Æ. triuncialis* L. *Æ. triaristata* Willd. A la date de plusieurs années, Requien en remarqua un quatrième, auquel il donna le nom d'*Æ. triticoides*, pour rappeler la grande ressemblance qu'il offre avec le Blé. E. Fabre reconnut que cette dernière plante, malgré la netteté des caractères qui la distinguent, provenait de la germination de graines de l'*Ægilops ovata*, même de celles de l'*Æ. triuncialis*, et cela dans des conditions fort singulières, puisqu'on voyait se rattacher à un même épi de l'une ou l'autre de ces deux espèces, tombé entier à cause de la facile rupture du sommet de la tige qui le porte, un pied d'*Æ. ovata* ou d'*Æ. triuncialis*

[1] Des *Ægilops* du midi de la France et de leur transformation, par Esprit Fabre, d'Agde. (*Mémoires de l'Académie des sciences et lettres de Montpellier*, pour 1853; tirage à part en brochure in-4° de 20 pages et 3 planches in-fol. comprenant : Courte introduction au travail de M. Esp. Fabre, d'Agde, sur la métamorphose de deux *Ægilops* en *Triticum*, par F. Dunal. p. 1-4 du tirage à part.)

et un pied d'*E. triticoides*. Il en conclut que ce dernier, loin d'être une espèce distincte et séparée, n'est qu'une simple forme de l'une ou l'autre des deux premières espèces, et il ne chercha nullement à découvrir la cause d'un changement si subit et si marqué. Cette observation lui donna l'idée de cultiver la plante qu'il regardait comme un *Ægilops ovata* transformé, et de 1838 à 1850, il en suivit les modifications successives qui s'opérèrent sous l'influence de cette culture. Les graines furent toujours semées dans un enclos entouré de murs élevés, dans lequel il ne se trouvait pas d'autres Graminées, et qui était situé dans la ville d'Agde, loin de tout champ de céréales. A la huitième année, en 1846, ayant pensé, dit-il, « que le perfectionnement de l'*Ægilops triticoides* était arrivé « à son maximum, et que mes derniers produits étaient de véri- « tables *Triticum* ou Blés, j'eus l'idée de le cultiver en plein champ « en le semant à la volée, comme le Blé ordinaire. . . . . Pendant « quatre années, j'ai cultivé de cette manière mes Blés d'*Ægilops*, « et j'ai eu chaque fois une récolte semblable à celles que produi- « saient les Blés ordinaires, dans des terrains analogues. » Ces observations et ces expériences semblaient rendre légitime la conclusion dernière que Dunal imprimait à la fin du mémoire d'E. Fabre. « On est forcé d'admettre que certains *Triticum* cultivés, si ce n'est « tous, ne sont que des formes particulières de certains *Ægilops* et « doivent être considérés comme des races de ces espèces. »

Toute frappante et inattendue que pût être en elle-même une pareille conclusion, elle amenait des conséquences plus sérieuses encore quant à la philosophie de la science. En effet, si des plantes aussi dissemblables entre elles que des *Ægilops* et les Blés cultivés, qu'on a regardés non-seulement comme constituant des espèces parfaitement distinctes, mais encore comme appartenant à deux genres différents, ne sont que des formes d'un même type spécifique, l'idée de la variabilité à peu près indéfinie des végétaux, qui sape par leur base toutes les classifications de ces êtres naturels, se trouve parfaitement justifiée, et dès lors la bota-

nique ne sera plus en droit de regarder les classements dans lesquels se résument ses travaux les plus rigoureux et les plus persévérants que comme des essais tout à fait artificiels et d'une valeur uniquement momentanée. Heureusement pour la science, on n'a pas tardé à prouver que les faits signalés par E. Fabre étaient bien loin d'autoriser les conclusions que Dunal et lui en avaient déduites.

Peu de temps après la publication du travail dont il vient d'être question, M. Godron établit[1], d'abord par des observations sur les plantes tant spontanées que cultivées, ensuite par des expériences directes, que la prétendue transformation des *Ægilops* en *Triticum* est purement et simplement un fait d'hybridation que suit le retour de l'hybride au type paternel, c'est-à-dire au *Triticum*, dont le pollen avait fécondé l'*Ægilops*. Les circonstances dans lesquelles prend naissance, à la campagne, l'*Ægilops triticoides* prouvent déjà la nature hybride de cette plante. M. Godron a reconnu, dans différentes localités de notre midi, qu'il n'apparaît jamais qu'au bord des champs de Blé ou dans leur voisinage, et qu'il s'y montre toujours disséminé çà et là, « comme s'il était réellement, dit-il, le résultat d'un accident; » de plus, dès la première année de culture, cette plante a tout le port du Blé Touzelle; si elle naît dans un pays où l'on cultive un Blé sans barbes, elle-même n'a pas ou presque pas de barbes; elle en offre, au contraire, de très-développées quand elle vient près de champs de Blé barbu. Ces particularités significatives ne montrent-elles pas que le Blé est intervenu dans la production de cette singulière plante, qui retourne à lui par l'effet de quelques années de culture? Or le Blé n'a pu concourir à cette formation que par son pollen qui est venu agir sur

[1] Quelques notes sur la flore de Montpellier, par M. D.-A. Godron; broch. in-8° de 47 pages, Besançon, 1854. (Extrait des *Mémoires de la Société d'émulation du Doubs.*) — De la fécondation des *Ægilops* par les *Triticum*, par le même; broch. in-8° de 14 pages, Nancy, 1855. (Extrait des *Mémoires de l'Académie de Stanislas*, reproduit dans les *Annales des sciences naturelles*, 4e série, II, 1854, p. 215-222.) — De l'*Ægilops triticoides* et de ses diverses formes, par le même. (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, V, 1856, p. 74-89).

le pistil de l'*Ægilops* et le féconder. Dès lors plus de mystère; si d'un même épi d'*Ægilops ovata* naissent à la fois un pied de cette espèce pure et un pied d'*Æ. triticoides*, c'est que la graine qui a donné naissance au dernier provient d'un grain hybridé par les Blés du voisinage, tandis que le premier doit sa naissance à un grain resté normal; et, si ensuite ce même *Æ. triticoides* se modifie en Blé, c'est que, comme la généralité des hybrides, il retourne pas à pas à l'un de ses parents, qui est ici le père.

A cette démonstration il manquait la preuve par l'expérience directe; M. Godron l'a obtenue. Comme il le rapporte dans ses mémoires et aussi dans une lettre communiquée à la Société botanique de France[1], il ne s'est pas contenté de reproduire les deux formes de l'*Ægilops triticoides* qu'on rencontre dans le midi, en fécondant l'*Æ. ovata* séparément par le pollen d'un Blé barbu et par celui d'un Blé sans barbes; il est encore parvenu à obtenir deux autres hybrides dus, l'un à la fécondation du même *Ægilops* par le pollen de l'Épeautre ou *Triticum Spelta*, l'autre à celle de l'*Æ. triaristata* par le *Tr. durum*.

Cette démonstration de l'hybridité de l'*Æ. triticoides* semblait complète; toutefois on pouvait dire que les expériences d'hybridation faites par le savant professeur de Nancy n'avaient pas été poussées assez loin. L. Vilmorin et M. J. Groenland ont tenu à combler cette lacune, et le dernier de ces deux observateurs, en particulier, a été conduit ainsi à reconnaître une inégalité remarquable entre la descendance de l'hybride obtenu artificiellement et celle que donne la même plante quand elle s'est formée sans l'intervention de l'homme[2]. Au mois de juillet 1855, ces deux observateurs

[1] *Bulletin de la Société botanique de France*, I, 1854, p. 66.

[2] Note sur l'hybridation du genre *Ægilops*, par MM. L. Vilmorin et J. Groenland. (*Bulletin de la Société botanique de France*. III, 1856, p. 692-696.) — Sur les hybrides entre les *Ægilops* et les *Triticum*, par M. Groenland. (*Bulletin de la Société botanique de France*, V, 1858, p. 364-366.) — Note sur les hybrides du genre *Ægilops*, par le même. (*Ibid.* VIII, 1861, p. 612-614.)

fécondèrent, avec le pollen emprunté à différentes variétés de *Triticum*, 75 épillets appartenant, les uns à l'*Ægilops ovata*, les autres à l'*Æ. ventricosa* Tausch. Des grains qui se développèrent après ces fécondations ils obtinrent sept plantes, dont une seule était hybride; les six autres reproduisirent l'espèce mère. Cet hybride offrait un mélange des caractères de sa mère, l'*Ægilops ovata*, et de son père, un *Triticum*. Il fut entièrement stérile et mit fin, par sa stérilité, à cette première expérience.

Un an plus tard, M. Groenland féconda 352 fleurs d'*Ægilops ovata* et 148 fleurs d'*Æ. ventricosa* avec du pollen pris sur diverses espèces et un grand nombre de variétés de Froments. Des grains ainsi obtenus il eut, en 1857, 140 plantes, parmi lesquelles 10 seulement furent hybrides; toutes les autres reproduisirent l'*Æ. ovata*. Sur ces 10 hybrides, 2 avaient pour père un Froment sans barbes d'Abyssinie, 2 l'Engrain (*Triticum monococcum*), 2 autres un Épeautre, 1 un Poulard, 3 un Blé de Flandre. Ces plantes réunies ne produisirent que 40 graines, dont 25 levèrent en 1858. Enfin la stérilité faisant des progrès rapides d'une génération à l'autre, l'année 1860 vit s'éteindre le dernier descendant, qui provenait de la troisième génération du Blé Poulard. Ainsi tous ces hybrides obtenus artificiellement se sont éteints après quelques générations, presque tous en retournant au type du père, un très-petit nombre en conservant leur forme hybride, mais tous après avoir été fertiles pendant une, deux ou trois générations, et avoir produit un assez petit nombre de bonnes graines.

Les choses se sont passées d'une manière tout opposée lorsque la culture a porté sur l'hybride récolté dans les champs et né, par conséquent, sans l'intervention de l'homme. Une graine unique, trouvée sur un *Ægilops* hybride, au bord d'un champ de Blé, près d'Agde, ayant été semée par M. Groenland, produisit une plante magnifique. La preuve que cette graine avait bien été hybridée, c'est que, parmi ses descendants, se trouvaient des plantes formant de vrais Blés et stériles, à côté d'autres qui restaient des *Ægilops triticoides* bien

caractérisés. La belle plante qui en provint fut presque stérile et ne forma que trois graines qui, en 1859, donnèrent une seule plante bien moins vigoureuse que la première, mais, par compensation, plus féconde, puisqu'elle développa 22 grains, desquels naquirent 12 plantes, en 1860. Sur ce nombre, 2 seulement furent stériles et offrirent les caractères des *Triticum;* les 10 autres, qui avaient gardé la forme hybride, donnèrent plus de 200 graines. Enfin, la fécondité augmentant toujours, dès 1861 on renonça à compter les graines que produisirent les plantes en grand nombre issues de la génération précédente.

En résumé, cette remarquable expérience prouve que la fécondation de l'*Ægilops ovata* par un Froment, lorsqu'elle est pratiquée artificiellement, donne lieu à la formation d'hybrides peu féconds et dont la descendance ne tarde pas à s'éteindre; mais que, si elle s'opère en pleine campagne, les plantes qui en résultent, après avoir été d'abord tout aussi peu fécondes, tendent ensuite à se reproduire de plus en plus facilement, à ce point que peu de générations suffisent pour les mettre, sous ce rapport, au niveau des céréales ordinaires de nos champs. On voit donc, au total, combien était peu fondée l'idée soutenue par Esprit Fabre et Dunal, qu'une simple transformation sans cause connue, et que peut compléter la culture, fait sortir nos Froments des simples *Ægilops.*

M. J.-E. Planchon a concouru aussi à démontrer que les plantes fort exactement observées et cultivées avec intelligence par Esprit Fabre doivent leur origine à une hybridation; mais il suffira de mentionner ici, pour l'histoire de cette question importante, la courte note qu'il a publiée sur ce sujet[1].

Dans tout ce qui précède, nous avons exposé deux opinions qui ont été professées successivement : l'une, émise par Esprit Fabre et Dunal, consiste à regarder la plante appelée par Requien *Ægilops triticoides* comme due à une transformation sans cause connue des

[1] *Bulletin de la Société botanique de France*, V, 1858, p. 448-449.

*Æ. ovata* et *triaristata*, et à croire que cette plante peut continuer à se changer en véritable Froment sous l'influence de quelques années de culture; on a vu les difficultés que rencontre cette manière de voir : l'autre admet qu'une fécondation, s'opérant assez souvent aux bords ou dans le voisinage des champs de Blé, par le pollen de cette céréale, sur le pistil des deux mêmes *Ægilops*, détermine la formation d'un hybride qui constitue l'*Æ. triticoides* de Requien, et que celui-ci peut revenir ensuite, lorsqu'on le cultive, au Froment qui a donné lieu à sa formation. Une troisième manière de voir a été mise au jour par M. Al. Jordan, de Lyon, qui malheureusement, dans deux mémoires étendus[1], ne lui a guère donné pour base que des considérations philosophiques sans valeur bien réelle en présence de faits que tout porte à regarder comme contraires et incontestables. D'après ce botaniste, on aurait confondu sous le nom d'*Ægilops triticoides* deux plantes bien distinctes : l'une serait un hybride constamment stérile, ou le véritable *Æ. triticoides;* l'autre, qui n'est autre chose que le sujet des cultures de E. Fabre, constituerait une espèce bien distincte, nettement caractérisée, à laquelle il donne le nom d'*Ægilops speltæformis*. Pour établir sa manière de voir, M. Jordan a nié l'exactitude du point de départ des expériences de Fabre, c'est-à-dire ce fait important que l'*Æ. speltæformis* Jord. naît d'un épi d'*Æ. ovata* ou d'*Æ. triaristata*, duquel peuvent provenir à la fois deux pieds appartenant l'un à l'hybride, l'autre à l'une de ces deux espèces, sans la moindre altération. Or ce fait est à l'abri de toute contestation. Il a posé comme principe absolu la stérilité constante de l'*Ægilops*, qu'il consent, à la rigueur, à reconnaître comme hybride; mais lui-même a dû finir

[1] Mémoire sur l'*Ægilops triticoides* et sur les questions d'hybridité et de variabilité spécifique qui se rattachent à l'histoire de cette plante, par M. Alexis Jordan. (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, IV, 1856, p. 295-361.) — Nouveau mémoire sur la question relative aux *Ægilops triticoides* et *speltæformis*, par le même. (*Annales de la Société Linnéenne de Lyon*, nouvelle série, IV, 1857; tirage à part en brochure in-8° de 82 pages et 1 planche.)

par se rendre, sous ce rapport, à l'évidence des faits. D'un autre côté, on ne peut songer à regarder comme une espèce distincte et pourvue de ses caractères propres la plante que M. Groenland a vue donner, pendant plusieurs générations de suite, une descendance en partie semblable à elle et de plus en plus féconde, en partie pourvue de tous les caractères de nos Blés et alors constamment stérile. Au total, le grand travail de l'ingénieux botaniste de Lyon sur la question des *Ægilops* a valu à la science deux mémoires intéressants à plusieurs égards, remplis de raisonnements ingénieux, parfois séduisants, et d'une discussion animée, mais pas assez riches en faits ni en preuves pour faire admettre l'opinion de leur auteur.

§ 4. Parthénogénèse.

La production de bonnes graines sans fécondation préalable, ou la Parthénogénèse, comme on l'a nommée, a été l'un des sujets le plus discutés et le plus contradictoirement discutés dans ces derniers temps. Déclarée possible dans la généralité des plantes dioïques par Spallanzani, au siècle dernier, elle a été admise également pendant celui-ci par plusieurs physiologistes, surtout relativement au *Cœlebogyne ilicifolia*, en Angleterre par J. Smith et R. Brown, en Allemagne par MM. Al. Braun, Radlkofer, etc. en France par MM. Decaisne, Thuret, Naudin, Lecoq, etc. D'un autre côté, la possibilité en a été niée formellement par plusieurs savants très-recommandables, comme MM. Regel, Schenk, Karsten, etc. qui se sont attachés à montrer que les plantes normalement dioïques, comme le Chanvre, la Mercuriale, etc. deviennent assez souvent monoïques ou polygames en développant des fleurs mâles entre leurs fleurs femelles ou réciproquement, et même que le *Cœlebogyne* peut aussi subir accidentellement cette altération de ses caractères habituels. Toutefois les résultats des expériences faites par certains botanistes français n'ont été publiés qu'incidemment ou même sont restés inédits; il n'y a donc à mentionner ici que ceux en petit nombre qui ont fourni le sujet d'écrits spéciaux. En faveur de la parthéno-

génèse en général, ce sont ceux qu'ont fait connaître MM. H. Lecoq[1] et Naudin[2]. Ces botanistes, ayant élevé des plantes dioïques femelles dans un isolement qui rendait impossible l'arrivée de tout pollen sur leur stigmate, en ont obtenu de bonnes graines; d'où ils ont cru pouvoir conclure que ces expériences fournissaient des exemples incontestables de parthénogénèse. Mais M. Baillon a montré[3] que les Euphorbiacées dioïques deviennent assez souvent hermaphrodites, et plus tard il a signalé[4] un fait analogue observé par lui sur des Bixacées (*Aberia*, *Xylosma*) et sur une Cucurbitacée (*Melothria*). Abordant même la question du *Cœlebogyne*, dont la diœcie avait été déclarée constante par des observateurs justement estimés pour leur parfaite exactitude, notamment par Rob. Brown et par M. Alex. Braun, il a décrit un organe qu'il croyait, «sans pouvoir l'affirmer, être une étamine anormalement développée dans l'intérieur de la fleur femelle.» A la vérité, M. Decaisne a déclaré[5] que l'organe signalé par M. Baillon n'était pas autre chose qu'une bractée ou une des pièces du périanthe; mais, d'un autre côté, un savant allemand, M. Karsten, a décrit et figuré, peu de temps après, l'étamine qu'il affirme se développer assez souvent dans la fleur femelle du *Cœlebogyne;* de telle sorte qu'aujourd'hui la possibilité de la parthénogénèse dans le règne végétal n'a plus pour elle que de bien faibles probabilités, bien qu'il fût encore imprudent de déclarer qu'elle n'existe pas.

[1] De la génération alternante dans les végétaux, et de la production de semences fertiles sans fécondation, par M. H. Lecoq. (*Comptes rendus*, XLIII, 1856, p. 1067-1070; *Bulletin de la Société botanique de France*, III, 1856, p. 653-658.)

[2] Observations relatives à la formation des graines sans le secours du pollen, par M. Ch. Naudin. (*Comptes rendus*, XLIII, 1856, p. 538-542.)

[3] De l'hermaphroditisme accidentel chez les Euphorbiacées, par M. Baillon. (*Bulletin de la Société botanique de France*, IV, 1857, p. 662-695.)

[4] Sur un cas apparent de parthénogénèse, par M. Baillon. (*Adansonia*, V, 1864-1865, p. 62-65.)

[5] *Bulletin de la Société botanique de France*, IV, 1857, p. 789.

### Art. 9. — Tendances et mouvements.

La tendance que montrent divers organes à se porter vers une direction déterminée, les mouvements que d'autres exécutent en obéissant à une excitation tantôt générale et durable, tantôt locale et momentanée, sont des phénomènes du plus haut intérêt, mais en même temps des plus difficiles à interpréter. Portés aujourd'hui à ne voir dans les manifestations de la vie que de pures et simples applications des lois de la physique et de la chimie, les physiologistes ont, pour la plupart, cherché à les faire dériver d'actions physiques ou mécaniques; mais, il faut bien le reconnaître, ils ne sont parvenus ainsi qu'à déplacer la difficulté, à remplacer les explications par des mots; au total, à encombrer la science d'hypothèses souvent contradictoires et qui ne résistent point à l'épreuve d'une discussion sérieuse. A l'appui de cette assertion, des exemples assez nombreux seront présentés dans l'exposé suivant, qui toutefois ne pourra signaler toutes les hypothèses successivement proposées, renfermé qu'il est entre des limites précises de temps et de lieu.

#### § 1. Tendances.

A. *Verticalité des tiges.* — La tige tend à s'élever en sens inverse de la direction que la pesanteur imprime aux corps qui tombent; si sa faiblesse la contraint de céder à son propre poids et de se coucher sur le sol, elle manifeste encore sa tendance naturelle, au moins pendant quelque temps, à son extrémité ou dans ses ramifications. Les hypothèses par lesquelles on a voulu expliquer cette direction ascendante, même celle de Knight, à laquelle de Candolle a donné son assentiment complet, et qui rattache à la seule action de la gravité la marche inverse de la tige et de la racine, n'ont pu donner encore la solution de ce problème difficile. Toutefois il existe des tiges dans lesquelles on voit une contradiction complète à la loi qui régit toutes les autres, puisqu'elles se dirigent, non de

bas en haut, comme celles-ci, mais de haut en bas. Déjà, dans son mémoire intitulé *De la direction opposée des tiges et des racines* (*Mémoires pour servir, etc.* II, p. 1-59, 1837), Dutrochet avait cité, comme offrant des exemples de ce fait singulier, différentes plantes aquatiques, notamment des *Carex*, la Fléchière (*Sagittaria*), le *Sparganium, etc.;* plus tard, il a joint à cette liste[1] une plante terrestre, l'*Epilobium molle* Lamk. qui, sous les influences réunies d'une abondante humidité et de la privation de lumière, peut diriger certaines de ses pousses de haut en bas, dans une longueur de quelques centimètres.

Dutrochet, qui avait proposé une théorie complète pour expliquer mécaniquement la direction ascendante des tiges et descendante des racines, n'a pas manqué de faire l'application de ses idées au cas particulier que venait de lui offrir l'Épilobe. Cette théorie consiste, comme on le sait, en ce que le cylindre plein et central constitué par la moelle, ayant ses cellules décroissantes en ampleur du centre vers la circonférence, tendrait à se courber vers l'extérieur de l'organe, de manière, par conséquent, à diriger sa concavité en dehors; au contraire, l'enveloppe cellulaire, ayant ses cellules plus petites à sa limite interne qu'à l'externe, ou décroissantes de dehors en dedans (ce qui n'est pas toujours rigoureusement exact), tendrait constamment à s'arquer en sens inverse du premier, c'est-à-dire à former un arc dont la concavité regarderait le centre de la tige. « Ces deux systèmes, dit-il, s'ils sont égaux en volume, se font équilibre; s'ils sont inégaux, c'est le plus volumineux qui l'emporte en puissance d'incurvation. » Sous ce rapport, la prédominance de la moelle entraînerait la direction de bas en haut, comme dans la généralité des tiges, et celle de l'enveloppe cellulaire déterminerait la direction de haut en bas, comme dans les racines et dans les rares tiges descendantes.

Ces deux conséquences semblent au moins difficiles à comprendre

[1] Note sur les tiges qui descendent vers la terre comme des racines, par Dutrochet. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, V, 1846, p. 24-27.)

et à admettre. D'ailleurs, dans un axe végétal dirigé bien verticalement, lors même que l'un de ces deux ressorts antagonistes aurait la prédominance, il ne pourrait modifier la direction parce qu'il agirait également sur toute sa périphérie, et que dès lors, aux extrémités de chaque diamètre, se produiraient deux efforts égaux et contraires qui se détruiraient; mais, suppose Dutrochet, pour peu que ce même axe dévie de la verticale (par une cause qu'il oublie d'indiquer), «la partie la plus dense de la séve tombera dans «le côté inférieur du caudex végétal, dans ses méats inter-utricu-«laires; la séve la plus aqueuse restera dans le côté supérieur. «... N'est-il pas évident que l'endosmose aura plus d'action au «côté supérieur du caudex végétal, couché horizontalement, qu'à «son côté inférieur, puisque la séve extérieure aux utricules sera «moins dense au côté supérieur qu'au côté inférieur?... Ce sera «donc le côté supérieur de chaque système qui l'emportera en «force d'incurvation sur le côté inférieur... Si c'est le système cor-«tical qui est le plus volumineux, sa partie latérale supérieure «agira seule... et, comme la concavité de sa courbure sera dirigée «vers la terre, il courbera le caudex dans cette direction. Si c'est «le système central qui a le plus de volume, sa partie latérale «supérieure manifestera seule sa force d'incurvation... et, comme «la concavité de sa courbure sera dirigée vers le ciel, il courbera «le caudex entier dans cette direction.» Malheureusement pour le triomphe de son hypothèse, en admettant même comme démontrées les tendances inverses d'incurvation dans les deux masses cellulaires du centre et de la périphérie de l'axe, Dutrochet a oublié de prouver, ce qui aurait été du reste assez difficile, que dans deux côtés opposés d'une même tige la séve peut différer de densité; il n'a pas montré non plus que dans la tige la moelle l'emporte toujours en volume sur le parenchyme cortical; même, après avoir basé son système sur la structure qui caractérise la tige des Dicotylédones, il en a cherché l'application presque uniquement (l'Épilobe seul excepté) chez des Monocotylédones (*Sagittaria*, *Spar-*

*ganium, Typha, Carex*), qui offrent à cet égard une différence considérable. Au total, cet essai d'explication des tendances inverses de la tige et de la racine doit être regardé seulement comme une hypothèse ingénieuse, mais fondée sur des erreurs anatomiques aussi bien que physiologiques.

D'autres exemples de tiges qui, du moins partiellement, se dirigent de haut en bas, ont été signalés par M. Germain de Saint-Pierre[1] et par M. Lagrèze-Fossat[2]. Le plus remarquable est certainement celui que présente le Liseron des haies (*Calystegia sepium* R. Br.). Dans cette plante, outre les rameaux qui s'élèvent en s'enroulant autour des corps voisins, il en est d'autres qui se couchent sur le sol dans une assez grande longueur, sans fleurir comme le font les premiers, et qui, vers le mois de septembre, quand arrivent les pluies, recourbent leur extrémité pour l'enfoncer dans la terre, où, en s'épaississant, elle va former une sorte de tubercule allongé, que le premier des deux botanistes dont on vient de voir le nom appelle *bulbo-tubercule*. Pendant l'hiver, il ne survivra que ce corps souterrain, qui, au printemps suivant, développera ses bourgeons, produira des racines, et donnera ainsi une nouvelle plante.

Une déviation de la tendance caractéristique se montre chez quelques Légumineuses et s'accompagne de singulières particularités d'organisation, surtout chez le *Vicia amphicarpa*, dont M. J.-H. Fabre a fait une étude attentive[3]. A sa germination, cette plante produit une tige qui ne dépasse guère un décimètre de hauteur, et qui,

[1] De la direction ascendante considérée comme caractère distinctif des tiges; observation de tiges présentant normalement la direction descendante, par M. Germain de Saint-Pierre. (*Bulletin de la Société philomatique*, 1850, p. 50-54; *Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 147-148; *Comptes rendus*, XLII, 1856, p. 42-45, 833-836.)

[2] Note sur un mode de multiplication du *Convolvulus sepium* L. par M. Lagrèze-Fossat. (*Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1856, p. 145-147.)

[3] Observations sur les fleurs et les fruits hypogés du *Vicia amphicarpa*, par M. J.-H. Fabre. (*Bulletin de la Société botanique de France*, II, 1855, p. 503-508.)

une fois développée, émet des rameaux au niveau du sol, puis se dessèche. Ces rameaux sont de deux sortes : les uns s'élèvent dans l'air, chargés de feuilles et de fleurs normales, n'offrant donc rien de particulier ; au contraire, les autres naissent, pour la plupart, de la base des premiers, par conséquent plus tard que ceux-ci ; ils s'étendent dans la terre, et ils restent blancs, irréguliers, un peu tortueux ; ils portent des feuilles très-petites, mais bien conformées, et, vers leur extrémité, deux ou trois fleurs axillaires que leur situation souterraine retient dans un état de développement assez imparfait, la corolle y restant cachée à l'intérieur d'un calice qui ne s'ouvre point. Toutefois, contrairement à ce qu'avaient dit plusieurs botanistes, ces fleurs souterraines ont leurs organes reproducteurs bien conformés, et la fécondation de leur pistil s'opère sous terre, de manière à donner naissance à de bonnes graines. L'expérience a prouvé à M. Fabre qu'en amenant à l'air et au jour ces rameaux hypogés, on détermine le développement normal de leurs petites fleurs, et que réciproquement, si l'on enterre les rameaux destinés à rester aériens, on oblige leurs fleurs à rester dans l'état qui caractérise celles dont la situation naturelle est souterraine.

Une autre particularité remarquable constatée par M. Fabre, c'est que de la base des principaux rameaux aériens du *Vicia amphicarpa* naissent des ramifications plus petites et plus faibles, dont quelques-unes vont s'enfoncer dans le sol et sont dès lors privées de la tendance à s'élever qui caractérise les tiges en général. On voit également cette tendance normale abolie chez d'autres plantes, en particulier dans quelques Légumineuses qu'on pourrait appeler enterreuses, car, après avoir fleuri à l'air, elles recourbent plus ou moins brusquement leur pédoncule pour enfoncer leur ovaire fécondé dans la terre où il doit se développer en fruit parfait. Ces faits curieux au plus haut degré semblent bien difficiles à faire cadrer avec les hypothèses basées sur une action mécanique, par lesquelles on a essayé d'expliquer les directions naturelles des organes.

B. *Tiges volubles.* — Il existe une assez nombreuse catégorie de plantes chez lesquelles la tige, s'allongeant beaucoup sans acquérir une épaisseur ni une rigidité proportionnées, se trouve par cela seul dans l'impossibilité de prendre d'elle-même la direction que lui imprimerait sa tendance naturelle à s'élever. Souvent alors, cédant à son poids, elle traîne sur la terre ou sur les corps voisins; assez souvent aussi elle s'appuie, pour s'élever, sur les divers objets qu'elle trouve à sa portée, et s'y fixe même par des moyens dont la variété révèle, dans différentes espèces, des aptitudes et des tendances toutes particulières. Le plus surprenant de ces moyens consiste à contourner en spirale, autour de corps étrangers d'une épaisseur peu considérable, soit la tige elle-même, qui peut ainsi atteindre parfois jusqu'à la cime des arbres, soit des filets destinés spécialement à cet usage, qu'on a nommés justement des *mains* ou *vrilles*, et qui ne sont pas autre chose que des organes de natures diverses plus ou moins modifiés dans leur manière d'être habituelle, ou même complétement transformés.

Les physiologistes ont porté toute leur attention sur cette aptitude qu'ont les vrilles et les tiges dites, pour cela, *volubles*, de s'enrouler autour d'un appui, c'est-à-dire sur le *volubilisme*, comme on peut l'appeler dans sa généralité. En Allemagne, Palm, M. Hugo von Mohl en ont fait, dès 1827, l'objet de deux mémoires étendus; en Angleterre, M. Ch. Darwin y a trouvé récemment (1865) la matière d'un grand travail rempli d'observations attentives et de faits intéressants. Ce qui va suivre montrera que, de leur côté, les botanistes français de notre époque ne sont pas restés en arrière sous ce rapport, et même que l'un d'eux a eu le mérite de découvrir une particularité curieuse qui accompagne le volubilisme, sans toutefois s'y rattacher toujours nécessairement.

En effet, Dutrochet ayant eu l'idée de semer et tenir ensuite dans son cabinet des Pois (*Pisum*), plante non voluble, mais grimpante au moyen de vrilles, afin de pouvoir les observer presque

continuellement, s'aperçut[1] que la feuille située dans le haut de la jeune tige, et qui semblait même, au premier coup d'œil, la terminer, exécutait des mouvements spontanés fort lents, et qui lui parurent indépendants de l'action de la lumière. Des indicateurs fixes lui permirent de reconnaître que le sommet du pétiole de cette feuille décrivait en l'air une courbe ellipsoïde, et bientôt il constata que l'entre-nœud même de la tige d'où partait cette feuille non-seulement participait à ce mouvement révolutif, mais encore en était le principal agent. Ce fut pour lui le point de départ d'une suite d'observations attentives qui lui révélèrent les différentes circonstances de ce curieux phénomène.

Le mouvement révolutif fait marcher les parties qui l'exécutent selon un cône renversé, ou plus exactement selon un solide conoïde à faces concaves dont le sommet se trouve à la base de l'entre-nœud, et dont la base est tracée par le chemin que suit le bout supérieur du pétiole. L'axe de ce mouvement n'est point vertical, mais incliné vers la fenêtre d'où la lumière arrive, et la base du conoïde est inclinée dans le même sens. L'ellipse formée par cette base a son grand axe parallèle à la fenêtre et horizontal, c'est-à-dire perpendiculaire à la direction dans laquelle arrive la lumière. La condition organique nécessaire pour que ce mouvement ait lieu, c'est une mollesse de tissu assez grande pour laisser une grande flexibilité aux parties qui l'exécutent; Dutrochet explique ainsi pourquoi il s'opère toujours à l'ombre, mais non au soleil, où une plus grande activité végétative raffermit promptement les tissus, et encore pourquoi la jeunesse de ces mêmes parties est également indispensable. La chaleur a, d'un autre côté, une influence considérable sur la rapidité du mouvement révolutif. Par une température de $+ 24°$ c. une révolution entière a été effectuée en 1 heure 25 minutes, et le grand axe de la base du conoïde engendré mesurait environ

[1] Des mouvements révolutifs spontanés qui s'observent chez les végétaux, par Dutrochet. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, XVII, 1843, p. 989-1008; *Annales des sciences naturelles*, 2[e] série, XX, 1843, p. 306-329.)

10 centimètres d'étendue, à + 16° c. il a fallu 2 heures 45 minutes; à + 11° c. jusqu'à 4 heures 15 minutes; enfin, à + 6°, en moyenne, 9 heures 15 minutes, et même 11 heures, le grand axe de l'ellipse parcourue se trouvant réduit alors à 3 centimètres environ de longueur.

Quant à l'influence de la lumière, Dutrochet l'a constatée de deux manières qui semblent peu concordantes, on pourrait même dire avec quelque raison contradictoires. Les rayons directs du soleil, même seulement une lumière diffuse très-vive, arrêtent le mouvement révolutif, et agissent dès lors défavorablement sur le phénomène; au contraire, quand ce même mouvement s'effectue à la lumière diffuse ordinaire, l'intensité lumineuse agit comme une cause accélératrice, et cela d'une façon tellement prononcée, que, dans le cas où la révolution entière s'est opérée en 1 heure 25 minutes, la moitié qui amenait l'entre-nœud en mouvement de la fenêtre vers le fond moins éclairé du cabinet a duré 1 heure, tandis que les 25 minutes restantes ont suffi pour la seconde moitié qui ramenait la même partie vers la fenêtre; de même, dans une révolution qui a duré 3 heures 55 minutes, les deux demi-révolutions analogues ont duré, l'une 2 heures 20 minutes, l'autre 1 heure 35 minutes seulement. — Ces diverses observations ont été récemment confirmées et étendues à un grand nombre d'espèces différentes par M. Ch. Darwin; mais Dutrochet a eu le mérite d'ouvrir cette voie inexplorée jusqu'à lui.

La cause du mouvement révolutif qu'exécutent les parties jeunes de la tige est très-difficile à déterminer. Dutrochet pense qu'elle consiste dans une force interne, inhérente à la plante, et dont la manifestation, rendue facile par certaines circonstances, est entravée ou même totalement arrêtée par d'autres. Ainsi, rien de mécanique ni de purement physique ne lui semble pouvoir être invoqué comme amenant l'accomplissement de ce merveilleux acte vital, et il nous paraît assez naturel de partager ses idées à cet égard.

Existe-t-il un rapport direct entre le mouvement révolutif des

tiges et l'enroulement en spirale dont plusieurs d'entre elles sont susceptibles? Cette question se présente naturellement à l'esprit, et elle a été discutée par Dutrochet dans un mémoire qui a trait spécialement au volubilisme[1]. Il résulte d'abord des recherches de ce physiologiste, et des observations plus récentes ont pleinement confirmé cette donnée, que le mouvement révolutif existe dans la partie supérieure encore jeune des tiges volubles en général et qu'il s'y produit toujours dans le même sens que l'enroulement; mais il ne s'ensuit pas pour cela que la liaison soit nécessaire entre ces deux phénomènes, comme l'a déjà montré l'exemple du Pois, dont les entre-nœuds jeunes présentent nettement le premier, tandis que la tige qu'ils constituent n'est nullement voluble. De même les vrilles de la Bryone et du Concombre ne montrent un mouvement révolutif que dans les premiers temps, et alors elles ne s'enroulent pas en spirale permanente; un peu plus tard seulement, elles se contournent en spirale, et alors leur courbure, une fois formée, ne s'efface plus. En second lieu, les tiges volubles ne se bornent pas à se contourner autour des corps qu'elles embrassent; elles se tordent encore sur elles-mêmes en spirale, et le sens de leur torsion est le même que celui du mouvement révolutif effectué par leur sommet, le même encore que celui dans lequel elles s'enroulent. Une autre relation remarquable signalée par Dutrochet résulte de ce que la spirale tracée sur ces tiges par la série des points d'insertion des feuilles qu'elles portent est encore dirigée dans le même sens que le mouvement révolutif. De là ressort naturellement la conséquence formulée par lui que la même force vitale a pour manifestations quatre phénomènes concordants : le mouvement révolutif visible seulement dans les entre-nœuds jeunes, l'enroulement de la tige et des vrilles en spirale autour des supports, la torsion des tiges sur elles-mêmes, enfin la disposition hélicoïdale

[1] Recherches sur la volubilité des tiges de certains végétaux et sur la cause de ce phénomène, par Dutrochet. (*Comptes rendus*, XIX, 1844, p. 295-303; *Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, II, 1844, p. 156-167.)

des feuilles. Toutefois il importe de faire observer que la concordance entre ces quatre phénomènes n'existe pas toujours, puisqu'on voit souvent, par exemple, une tige se tordre dans un sens inverse de celui selon lequel elle s'enroule, bien plus que la direction n'en est pas toujours invariable sur une seule et même tige.

Comment cette force intérieure produit-elle ces différents phénomènes? La réponse à cette question ne pouvait guère être déduite des faits; Dutrochet l'a cherchée dans une hypothèse. Il a supposé que l'action vitale imprime aux liquides du végétal un mouvement en spirale qui se communique ensuite aux solides et qui, en dernière analyse, amène la spiralisation, s'il est permis de s'exprimer ainsi, sous ses diverses formes. On voit qu'il n'y a guère plus de motifs pour admettre que pour rejeter de pareilles hypothèses; il semble même que la science ne peut gagner à des explications de ce genre, qui reposent bien plutôt sur des mots que sur des faits précis.

L'ingénieux physiologiste dont il vient d'être question n'est pas le seul qui ait recherché la cause première du volubilisme; M. Isidore Léon en a fait aussi l'objet de ses méditations et de ses recherches[1]. Partant de cette idée, déjà énoncée bien antérieurement par Palm, que la lumière, l'humidité, la chaleur et le contact même des supports exercent une influence marquée sur le volubilisme, il a fait de nombreuses expériences pour reconnaître isolément la puissance de ces différentes actions. Pour la lumière, c'est l'éclairage inégal des deux côtés de la tige voluble qui lui semble, comme à Knight et de Candolle, devoir déterminer un plus fort accroissement sur la face le plus vivement éclairée, et, par suite, une arcure dirigée vers l'autre face qui se trouve moins favorisée; toutefois les expériences qu'il a faites en vue de contrarier l'enroulement en éclairant aussi également que possible les deux côtés opposés d'une

[1] Recherches nouvelles sur la cause du mouvement spiral des tiges volubiles, par M. Isidore Léon. (*Bulletin de la Société botanique de France*, V. année 1858, p. 351-356, 610-614, 624-629, 679-685.)

tige ne lui ont pas donné de résultats tant soit peu démonstratifs. Il n'a pas été plus heureux lorsqu'il a tenté d'isoler expérimentalement l'action de l'humidité jointe à la chaleur, et, au total, il a été conduit à dire que ces trois influences, bien que réelles, peuvent s'exercer, presque sans altération, à tous les degrés possibles d'intensité.

Relativement au rôle des supports, qui a été jugé fort important par les physiologistes antérieurs, M. I. Léon le croit, d'après ses observations, plus essentiel que celui de la lumière, de la chaleur et de l'humidité; néanmoins il se réduirait, d'après lui, à manifester l'enroulement plutôt qu'à le provoquer.

Cette insuffisance des causes physiques pour l'explication du volubilisme a fait penser à M. I. Léon que les propriétés spéciales aux tissus des plantes pourraient bien avoir la plus grande part dans l'accomplissement de ce phénomène. C'est, dit-il, ce que Dutrochet avait presque démontré, sans en tirer de conséquences. L'examen de la structure anatomique des tiges volubles, et la manière dont se comportent leurs tissus constitutifs soumis expérimentalement à l'endosmose, lui ont fourni des arguments qu'il regarde comme excellents en faveur de cette idée. Au total, dans son opinion, le mouvement révolutif, la torsion des tiges sur elles-mêmes, ainsi que l'enroulement des tiges volubles et des vrilles, dépendent de conditions organiques; le mouvement révolutif est, selon ses expressions, « un phénomène d'antagonisme oscillant entre l'endosmose implétive « du tissu cellulaire et l'implétion d'oxygène du tissu fibreux; il est « favorisé par la texture et les propriétés des tissus. » La torsion de l'axe des tiges et l'enroulement spiral des vrilles sont deux formes du même phénomène. Enfin l'enroulement spiral des tiges volubles, souvent en sens inverse de la torsion, est essentiellement distinct du phénomène de spiralisation des organes appendiculaires ou des organes axiles aphylles. Cet enroulement, « bien qu'il ait aussi pour « agents les tissus élémentaires, reconnaît pour cause de sa direc- « tion constante dans l'un ou l'autre sens, selon les espèces, outre

« un antagonisme de tendances à l'incurvation des tissus cellulaire « et fibreux des systèmes central et cortical, luttant sur deux côtés « opposés d'une tige, une modification des tissus par zones spi- « rales, procédant de la disposition, soit primitive, soit altérée, des « organes d'où émane la foliation, concordant dans le premier cas « avec une élaboration inégale des deux systèmes opposés. » On voit que l'auteur de ce travail intéressant, bien qu'il semble blâmer Dutrochet d'avoir donné au volubilisme une cause première hypothétique, n'est pas à l'abri lui-même d'un reproche analogue. Au reste, il avoue avec une parfaite bonne foi que ses recherches auraient besoin d'être approfondies davantage, et qu'il n'aurait pas manqué de les poursuivre, si les circonstances le lui avaient permis.

Dutrochet et M. I. Léon ont embrassé dans leurs études l'ensemble du phénomène de l'enroulement; M. Duchartre s'est borné à diriger ses expériences sur une seule face de cette question[1] : il a cherché à reconnaître si, en soustrayant une tige voluble à l'action de la lumière, on lui enlève la faculté de s'enrouler autour des soutiens qu'elle rencontre. Les expériences sur ce sujet empruntaient un intérêt tout particulier à cette circonstance, que Palm et M. H. von Mohl avaient introduit, sous ce rapport, dans la science deux opinions contradictoires, que chacun d'eux appuyait sur ses observations : le premier de ces savants avait dit, en termes formels, que sans lumière l'enroulement n'a pas lieu; le second avait affirmé, au contraire, tout aussi catégoriquement, que la privation de lumière n'empêche pas la tige des plantes volubles de s'enrouler autour de leurs soutiens, et il avait ajouté que cette tige n'est que très-faiblement sensible à l'influence lumineuse qui agit avec énergie sur tous les végétaux verts en général. La généralité des

[1] Expériences relatives à l'influence de la lumière sur l'enroulement des tiges, par M. P. Duchartre. (*Bulletin de la Société botanique de France*, XII, 1865, p. 436-440; *Journal de la Société impériale et centrale d'Horticulture*, XI, 1865, p. 723-738; *Comptes rendus*, LXI, 1865, p. 1142-1148.)

physiologistes s'est rangée à cette dernière opinion. Or, en soumettant à des expériences variées l'Igname de Chine (*Dioscorea Batatas* Decne), le *Mandevillea suaveolens* Lindl. l'*Ipomœa purpurea* L. (*Pharbitis hispida* Choisy), et en rapprochant des résultats que ces plantes lui ont donnés ceux qu'avaient obtenus MM. H. von Mohl et J. Sachs sur le Haricot, M. Duchartre a reconnu qu'il existe parmi les plantes volubles deux catégories bien distinctes relativement à l'influence que la lumière solaire exerce sur l'enroulement de leur tige, puisque les unes, comme le *Dioscorea Batatas* et le *Mandevillea*, ne conservent la faculté de s'enrouler autour des corps étrangers que tant qu'elles sont soumises à cette influence, tandis que les autres, comme l'*Ipomœa purpurea* et le *Phaseolus*, s'enroulent également à la lumière et à l'obscurité. Il s'ensuit que l'une et l'autre des assertions contradictoires formulées par les deux botanistes allemands, qui se sont occupés avec le plus grand soin de l'étude du volubilisme, sont justifiées, dans une certaine mesure, par la réalité des faits.

C. *Tendance des racines à descendre.* — Si la tige des plantes tend, dans la plupart des cas, à s'élever vers le ciel, leur racine, plus généralement encore, se dirige directement vers le centre de la terre. La tendance à laquelle elles obéissent ainsi se manifeste avec une énergie que les expériences bien connues de Duhamel ont mise depuis longtemps en évidence, et dont quelques expérimentateurs ont essayé de donner la mesure.

Payer, l'un d'eux, avait cru voir, jusqu'à un certain point, cette mesure dans un fait singulier qui, signalé à l'Académie des sciences de Paris, en 1829, par Pinot, avait été revu par lui et avait fourni matière à plusieurs de ses expériences[1]. Ce fait consiste en ce que, si l'on fait germer des graines sur la surface d'une couche de mercure, on voit fréquemment la radicule, à mesure qu'elle se développe, s'enfoncer dans le métal liquide d'une longueur plus ou

[1] Mémoire sur la tendance des racines à s'enfoncer dans la terre, et sur leur force de pénétration, par Payer. (*Comptes rendus*, XVIII, 1844, p. 993-995.)

moins considérable, selon les espèces, et qui, contrairement à ce qui avait été dit par Dutrochet, ne peut être rapportée à la seule action de la pesanteur. Payer avait imaginé un appareil dans lequel, dit-il, il maintenait au-dessus d'une masse d'eau une couche de mercure dont il faisait varier l'épaisseur à volonté. En faisant germer différentes sortes de graines dans cet appareil, il reconnut d'abord que, tandis que la radicule de certaines espèces, celle du Blé sarrasin (*Polygonum Fagopyrum* L.), par exemple, rampent constamment à la surface du métal sans jamais s'y enfoncer, un assez grand nombre d'autres s'enfoncent de quelques millimètres dans ce liquide, et quelques-unes, notamment celle du Pois de senteur (*Lathyrus odoratus* L.), y pénètrent toujours profondément, au point d'en traverser jusqu'à une couche de 2 centimètres d'épaisseur. Même, quand la radicule s'insinue entre le mercure et le vase qui le renferme, elle peut descendre encore plus bas. Cette particularité avait semblé avec raison à ce botaniste d'autant plus remarquable qu'elle ne tenait, il s'en était assuré, aux différences ni de poids, ni de rigidité, ni de grosseur de la racine sur laquelle on l'observait. C'était donc, en réalité, une faculté mystérieuse, fort étrange même par ses variations d'une espèce à l'autre, et qui, dans certains cas, aurait donné une très-haute idée de la force de pénétration des racines. Toutefois une circonstance importante dont il n'avait point parlé dans sa note imprimée, mais qu'il indiqua plus tard à la Société philomatique et à une commission de l'Académie[1], c'est que les graines qu'il faisait germer sur le mercure n'étaient point libres à la surface de ce métal, mais engagées dans les trous d'un plancher en liége et fixées par cela même.

Frappé de la singularité des faits signalés par Pinot et surtout par Payer, M. Durand, de Caen, voulut en vérifier l'exactitude, ou, du moins, remonter par l'expérience aux causes qui pouvaient les

[1] Voyez une note communiquée par Doyère, dans les *Annales des sciences naturelles*, 3e série, III, 1845, p. 225.

expliquer. Son travail[1], riche en faits bien observés, semble fournir à cet égard tous les éclaircissements désirables, et faire disparaître tout ce qu'il semblait y avoir d'énigmatique dans la pénétration des radicules au milieu d'un liquide aussi dense que le mercure. Les expériences qu'il fit en grand nombre se rapportaient, pour la plupart, à deux ordres différents de conditions : dans l'un, les graines germaient dans une couche d'eau déposée sur la surface du métal, et on avait le soin de ne jamais laisser disparaître ce liquide par évaporation; dans l'autre, elles n'étaient mouillées que d'une petite quantité d'eau qui n'était pas renouvelée après qu'elle s'était évaporée. Dans le premier cas, la radicule, n'étant pas poussée ou l'étant faiblement par le poids de la graine, ne pénétrait point dans le mercure, ou ne s'y enfonçait que d'une quantité représentant le poids de cette graine, qui motivait seul sa force de pénétration; dans le second cas, qui est celui du plus grand enfoncement, les matières organiques dissoutes par l'eau se combinaient avec le mercure, et formaient, par le desséchement, une couche solide végéto-mercurielle, qui fixait la graine et lui offrait un point d'appui résistant. Dans certaines expériences, la couche ainsi formée est devenue assez ferme pour se maintenir comme un plancher lorsqu'on avait décanté le métal sur lequel elle s'était produite. Il y avait donc pour les graines, prises dans cette sorte de membrane végéto-métallique, un point d'appui qui permettait à la radicule émise par elles de s'enfoncer profondément en raison de sa rigidité. Il y a des graines, comme celle du *Polygonum Fagopyrum*, qui ne cèdent point de matière susceptible de s'unir au mercure; celles-là n'enfoncent jamais leur radicule; mais on les oblige à le faire si on ajoute une matière extractive quelconque à la goutte d'eau qui les mouille. Enfin, lorsque la radicule s'insinue entre le mercure et les parois du vase qui le renferme, la pression latérale du métal

[1] Mémoire sur un fait singulier de la physiologie des racines : leur pénétration dans le mercure, par M. Durand, de Caen. (*Comptes rendus*, XX, 1845, p. 861-862; *Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, III, 1845, p. 210-230.)

et le frottement la maintiennent et lui donnent la faculté de descendre profondément. Au total, les différentes circonstances de la pénétration des radicules dans le mercure rentrent toutes sous l'empire des lois physiques, et n'offrent rien de mystérieux ni de paradoxal.

Rappelons à ce propos que, dans un rapport circonstancié sur les deux mémoires de Payer et de M. Durand[1], Dutrochet confirma la parfaite exactitude des expériences de ce dernier, parmi lesquelles les plus décisives, ayant été répétées par lui, avaient donné les mêmes résultats.

C'est par un moyen différent de celui dont il vient d'être question, et plus rapproché des conditions naturelles de la végétation, que M. Emery a cherché à reconnaître et à mettre en relief la force avec laquelle les racines pénètrent dans le sol et peuvent même traverser, dans bien des cas, les obstacles qu'elles rencontrent sur leur route[2]. Il fait observer en premier lieu que, si la radicule s'enfonce dans le sol dès sa sortie, elle trouve pour cela un puissant secours dans le poids de la couche de terre dont on l'a recouverte après le semis. L'ensemencement dans la terre n'a donc pas pour unique effet de maintenir autour de la graine l'humidité sans laquelle la germination ne pourrait avoir lieu; il amène encore ce résultat important, que, grâce à la résistance qu'il éprouve en dessus, l'embryon peut enfoncer sa radicule dans le sol sous-jacent, et aller y puiser l'aliment de la jeune plante. Une preuve à l'appui de cette idée résulte de ce fait, que, si l'on dépose des graines à la surface du sol, qu'on recouvre ensuite d'une cloche pour empêcher le dessèchement, la germination s'opère fort bien, mais les radicules rampent superficiellement, pour la plupart, sans pénétrer dans la terre, à moins qu'elle ne soit très-meuble.

[1] Rapport sur deux mémoires intitulés, le premier : *Mémoire, etc.* par M. Payer; le second : *Mémoire, etc.* par M. Durand: rapporteur, Dutrochet. (*Comptes rendus*, XX, 1845, p. 1257-1268.)

[2] Sur la force de pénétration des diverses parties de la racine, par M. Emery. (*Adansonia*, V, 1864-1865, p. 204-220.)

La force en vertu de laquelle le pivot des racines, c'est-à-dire la radicule développée, descend selon la verticale, tandis que ses ramifications s'étendent plus ou moins obliquement, peut souvent se manifester par la perforation des obstacles que leur extrémité rencontre. M. Emery avait semé du Lin dans un grand verre à expériences qu'il avait rempli de terre de jardin; une sorte de plancher, formé de quatre feuillets de papier gris à filtrer et situé un peu au-dessous des graines, séparait cette masse de terre en deux parties. Il reconnut un peu plus tard que les radicules avaient percé ce papier chacune d'un trou net et sans bavures ni déchirures, à travers lequel elle avait passé ensuite. Éclairé par cette observation, il fit deux autres expériences comparatives. Il sema des graines de la même plante dans deux verres à pied coniques, de la même grandeur, remplis de la même terre, munis l'un et l'autre, comme dans le cas précédent, d'un plancher que formait cette fois une rondelle de papier-carton. Dans l'un de ces verres, les graines reposaient directement sur le carton, et elles étaient couvertes d'un centimètre de terre; dans l'autre, il y avait une couche de terre épaisse d'un centimètre entre le carton et les graines que couvrait encore une couche de terre de la même épaisseur. Les radicules se comportèrent de deux manières entièrement différentes dans les deux cas: dans celui où les graines reposaient sur le carton, rencontrant un obstacle dès leur sortie, elles furent impuissantes à le traverser; elles le contournèrent pour aller passer entre ses bords et les parois du vase, et pour se rendre ainsi dans la terre placée au-dessous; au contraire, dans le verre où elles devaient traverser une couche de terre avant d'arriver au carton, la plupart des racines s'étaient fait jour à travers cet obstacle, après avoir développé, dans leur portion supérieure à celui-ci, un nombre de ramifications plus grand que de coutume, et par conséquent après avoir pris assez de force pour exercer un effort passablement énergique; les ramifications latérales avaient toutes percé obliquement le carton, tandis que plusieurs pivots n'avaient pu le faire. M. Emery croit

trouver l'explication de ces faits dans un flux et reflux d'activité végétative, se portant tantôt sur un point, tantôt sur un autre, selon les circonstances, et ressemblant beaucoup à ce qu'on nomme la loi de balancement lorsqu'il s'agit du développement relatif des organes.

D. *Altération de la tendance normale des tiges et des racines.* — Quelque puissante que soit la tendance naturelle des tiges à s'élever vers le ciel, des racines à descendre vers le centre de la terre, elle ne résiste pas, dans certaines circonstances, à l'influence d'actions extérieures qui viennent s'exercer sur ces organes. Ceux-ci peuvent alors s'écarter plus ou moins de la ligne dans laquelle ils se seraient maintenus en l'absence de toute cause perturbatrice; leur déviation est même assez marquée pour avoir frappé les physiologistes et avoir provoqué de leur part des observations, souvent aussi des expériences. La lumière est celle d'entre ces causes perturbatrices qui agit le plus fréquemment sur l'axe végétal au point d'en altérer la direction naturelle. On est surpris en effet, dans une foule de cas, notamment pour les plantes cultivées dans une chambre, de la promptitude avec laquelle les tiges encore jeunes, les rameaux en voie de développement s'inclinent vers l'ouverture par où le jour leur arrive. Ce phénomène a été observé fréquemment dans sa généralité; Payer en a repris l'étude, il y a vingt-cinq années, en y apportant une précision plus grande que celle qu'on trouvait dans la plupart des travaux antérieurs, et surtout en introduisant dans la question un élément d'un grand intérêt, savoir la détermination de ceux d'entre les rayons colorés qui agissent spécialement dans cette circonstance[1].

C'est sur les tigelles des plantes qui viennent de germer que la lumière amène l'inclinaison la plus rapide et la plus forte, à cause de la jeunesse et de la délicatesse de leurs tissus. C'est aussi sur ces tigelles qu'ont porté généralement les expériences faites dans

[1] Mémoire sur la tendance des tiges vers la lumière, par Payer. (*Comptes rendus*, XV, 1842, p. 1194-1196.)

cette direction. Payer a pris pour sujet le Cresson alénois (*Lepidium sativum* L.), dont la germination est très-rapide et dont la graine est assez commune pour qu'il soit facile de s'en procurer de grandes quantités. Il a vu d'abord que, si l'on fait germer cette plante dans une chambre à une seule fenêtre, ou dans une boîte à une seule ouverture latérale, sa tigelle s'incline vers l'ouverture par laquelle arrive le jour, non en se courbant graduellement, mais en formant un angle avec la verticale et en restant rectiligne dans sa portion inclinée; mais que, si l'on place de même une jeune plante venant de germer et dont la tigelle soit verticale, on voit celle-ci se courber d'abord, puis s'incliner de manière à prendre une situation semblable à celle qu'on observait dans le premier cas. Les différentes conditions dans lesquelles s'effectue la courbure des très-jeunes tiges font dire à Payer que « la tendance des tiges vers la lumière est d'autant plus grande que cette lumière est moins intense (assertion assez étrange), ou qu'elle arrive de plus bas. » Quand les jeunes plantes sont enfermées dans une boîte à deux ouvertures percées du même côté, les choses se passent tout autrement, selon qu'il arrive par ces ouvertures deux lumières égales ou inégales en intensité : dans le premier cas, la jeune tige ne se dirige ni vers l'une ni vers l'autre, mais vers la ligne intermédiaire entre les deux; dans le second, elle se porte vers la lumière la plus vive. Si enfin la boîte a deux ouvertures égales, situées sur deux faces opposées et donnant accès à deux lumières également vives, la tige, sollicitée avec la même énergie en deux sens inverses, reste droite, tandis qu'elle se porte vers l'ouverture qui l'éclaire le plus, lorsque les deux lumières sont d'inégale intensité.

La lumière solaire blanche résultant de la réunion de sept rayons colorés, il y avait intérêt à reconnaître quels sont les rayons actifs dans les phénomènes qui viennent d'être indiqués. Les expériences faites par Payer dans ce but lui ont fait dire que les jeunes tiges ne se courbent jamais quand elles sont éclairées par les rayons rouge, orangé, jaune et vert, tandis qu'elles se courbent toujours

sous l'influenre des rayons violet et bleu, surtout de ce dernier. Sous l'action des quatre premiers rayons, elles se comportent absolument comme si elles se trouvaient plongées dans une obscurité complète. Elles n'éprouvent non plus aucune action de la part des rayons chimiques, c'est-à-dire de la partie du spectre qui se trouve au delà du violet et qui n'est pas appréciable à l'œil.

Ces derniers faits furent soumis à une vérification expérimentale par Dutrochet, presque aussitôt après qu'ils eurent été publiés[1]. Malheureusement, bien que ce physiologiste se fût procuré, pour ses expériences, autant de verres colorés qu'il existe de rayons distincts dans le spectre solaire, il ne put employer que le verre rouge, qui seul transmettait une lumière homogène. Il disposa donc une caisse noircie intérieurement et présentant une ouverture latérale qui fut munie de ce verre. En faisant germer des graines ou en plaçant de très-jeunes plantes, après leur germination, dans cet appareil, il les soumettait évidemment à l'influence du rayon rouge, sans mélange. Comme Payer avait pris pour sujet de ses expériences le Cresson alénois, ce fut aussi la plante sur laquelle Dutrochet expérimenta d'abord. Il constata qu'en effet la tige de cette espèce ne s'inclinait pas vers la lumière rouge; mais le hasard fit germer dans la terre du pot où poussait le *Lepidium* quelques graines d'*Alsine media*, dont la tigelle s'inclina fortement, dans les mêmes conditions. Ayant alors mesuré le diamètre des tigelles de ces deux espèces, il reconnut que celle du *Lepidium*, qui restait droite, avait 8/10 de millimètre d'épaisseur, tandis que celle de l'*Alsine*, qui s'inclinait, n'avait que 4/10 de millimètre. Il présuma de là que cette différence d'épaisseur était la cause essentielle de l'inégalité d'effet qu'il avait reconnue. Pour voir si cette idée était fondée, il répéta le même genre d'expériences sur plusieurs espèces à petites graines, devant donner dès lors des tigelles

[1] De l'inflexion des tiges végétales vers la lumière colorée, par Dutrochet. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, XVII, 1843, p. 1085-1094; *Annales des sciences naturelles*, 2e série, XX, 1843, p. 329-339.)

fort grêles. L'inflexion vers la lumière rouge eut lieu pour plusieurs espèces : *Trifolium agrarium*, *Mercurialis annua*, *Senecio vulgaris*, *Alsine media*, *Papaver somniferum*, *P. Rhœas*, *Sedum acre*, *Arenaria serpyllifolia*. L'*Alsine media* se montra le plus sensible à l'influence lumineuse, puisque sa tigelle s'infléchit en quatre heures, tandis qu'il fallut la journée presque entière pour celle des autres espèces. Il n'y eut pas d'inflexion pour les plantes suivantes : *Lepidium sativum*, *Medicago sativa*, *M. Lupulina*, *Trifolium pratense*, et, à plus forte raison, pour le Pois. Même sur trois plantes naissantes de Mercuriale, une seule s'infléchit vers la lumière rouge, sa tigelle n'ayant que 5/10 de millimètre d'épaisseur, tandis que les deux autres, ayant leur tigelle épaisse de 6/10 de millimètre, furent par cela seul trop raides pour modifier leur direction naturelle. Il suffisait donc de 1/10 de millimètre de différence dans l'épaisseur des tigelles pour en rendre l'inflexion possible ou impossible. Ces observations, rapprochées des conclusions formulées par Payer, montrent une fois de plus le danger des généralisations appuyées sur un trop petit nombre de faits. Ajoutons que, se basant sur ce qu'il avait reconnu, l'inflexion vers le rayon rouge, tandis que Payer l'avait reconnue dans les rayons bleu et violet, c'est-à-dire aux deux extrémités du spectre solaire, Dutrochet en vint à regarder comme peu probable la nullité d'action des rayons intermédiaires affirmée par l'observateur qu'il contredisait.

Cette présomption devint bientôt pour lui une certitude. En plaçant de jeunes plantes en germination sur toute la longueur d'un spectre solaire rendu fixe au moyen d'un héliostat, même au delà du rayon rouge, à une extrémité, au delà du rayon violet, à l'extrémité opposée, il reconnut que leur tigelle s'inclinait dans tous les rayons, mais plus promptement dans les uns que dans les autres[1]. Le mouvement de flexion commençait toujours par les

[1] Rapport sur un mémoire de M. Payer intitulé *Mémoire sur la tendance des racines à fuir la lumière;* Dutrochet, rapporteur. (*Comptes rendus*, XVIII, 1844, p. 1169-1184; *Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, II, 1844, p. 96-113.)

tigelles soumises au rayon violet; il se montrait ensuite dans les rayons indigo et bleu, puis dans les rayons jaune et vert, un peu plus tard dans le rayon orangé, enfin, en dernier lieu, dans le rayon rouge. Pendant ce temps, la flexion des tiges situées au delà du violet se manifestait dans une étendue considérable, qui, selon l'intensité de la lumière, allait jusqu'à 20 centimètres, quelquefois même 30 centimètres de distance au delà de la limite perceptible de ce rayon. Cette flexion n'avait lieu, au contraire, que sur une très-faible largeur au delà de l'extrémité du spectre occupée par le rayon rouge.

C'est principalement vers la recherche de l'action qu'exercent, dans ce cas, les radiations extrêmes ou situées en dehors du spectre visible, qu'ont été dirigées plus récemment les recherches de M. C.-M. Guillemin[1]. Ce physicien a, de plus, tenu compte d'un phénomène qui avait été découvert en Amérique par le docteur Gardner, dans le cours de l'année 1843, et qui consiste en ce que les jeunes tiges non-seulement s'infléchissent vers la lumière, ce que le savant américain a nommé leur flexion *directe*, mais encore tendent à se porter de côté, vers le rayon indigo, dans le sens de la longueur du spectre, lorsque celui-ci reste continu et non subdivisé par des écrans; elles subissent alors une flexion *latérale*, ainsi que l'appelle le docteur Gardner. En outre, M. Guillemin a rattaché à l'ensemble de ses expériences des recherches sur la production de la chlorophylle sous l'influence des rayons ultra-violets et calorifiques. Voici en peu de mots les résultats essentiels de ce travail intéressant :

Comme l'avait déjà vu Dutrochet, les jeunes tiges se courbent sous l'influence de tous les rayons du spectre solaire; les seuls qui

[1] Développement de la matière verte des végétaux et flexion des tiges sous l'influence des rayons ultra-violets du spectre solaire, par M. C.-M. Guillemin. (*Comptes rendus*, XLV. 1857, p. 62-65. 543-545.) — Production de la chlorophylle et direction des tiges, sous l'influence des rayons ultra-violets, calorifiques et lumineux du spectre solaire, par le même. (*Ann. des sc. nat.* 4e série. VII, 1857 p. 154-172.)

paraissent ne pas déterminer cet effet sont les rayons calorifiques les moins réfrangibles ou de basse température. Il y a deux maximums de flexion, situés, l'un dans les rayons ultra-violets, l'autre, moins prononcé et moins fixe, dans le vert. La flexion latérale s'étend au delà du rouge et du violet extrêmes; elle a pour centre les rayons indigos; elle a lieu souvent bien qu'on ait séparé par des écrans les différents rayons colorés.

Quant à la production de la chlorophylle qu'il est impossible de passer sous silence, elle est à son maximum dans le rayon jaune; à partir de ce point, son énergie va en diminuant lentement vers le violet, plus rapidement du côté du rouge. Les rayons bleus, verts, jaunes, orangés et rouges, font verdir les plantes étiolées plus rapidement que les rayons solaires directs; l'action du jaune égale presque celle de la lumière diffuse atmosphérique.

Si la lumière exerce une sorte d'attraction sur la tige, sur les feuilles, ou plus généralement sur les organes verts destinés à vivre au milieu de l'atmosphère, elle reste sans action sur la racine, qui, dans l'immense majorité des cas, a été créée pour rester dans le sol, soustraite à son influence, ou bien elle produit sur cet organe un effet de répulsion. Toutefois on a constaté, dans ces derniers temps, que, chez un petit nombre de plantes, la racine elle-même peut être attirée par la lumière lorsque, se développant dans un vase de verre rempli d'eau, elle se trouve à la fois éclairée par un côté et libre de se mouvoir. Ce fait étrange fut remarqué pour la première fois (1824) par Dutrochet, sur des radicules de Belle-de-Nuit (*Mirabilis Jalapa* L.); seulement, comme ce physiologiste reconnut que l'extrémité de ces racines, qui se dirigeait vers le côté éclairé du lieu où se faisait l'expérience, avait pris une teinte verte très-appréciable, il crut devoir attribuer l'inflexion à l'influence de la chlorophylle, dont la présence aurait assimilé, jusqu'à un certain point, cette radicule à la tige. Cette hypothèse était évidemment en désaccord avec la réalité des faits, car, vingt-cinq années plus tard, M. Durand, de Caen, a constaté que des racines entièrement dé-

pourvues de matière verte se portent aussi vers le jour[1]. Il a vu ce fait d'abord sur des racines de l'Oignon ordinaire (*Allium Cepa* L.) développées dans l'eau qui remplissait un flacon de verre. Craignant que la paroi du flacon située vers le fond de la chambre ne produisît l'effet d'un miroir concave et n'intervertît ainsi les conditions apparentes de l'expérience, il l'a peinte en noir, et néanmoins les choses se sont passées alors comme précédemment. Étendant ensuite le cercle de ses recherches, il a retrouvé la même propriété dans les racines de six autres espèces d'*Allium*, auxquelles Dutrochet a pu ajouter l'Ail commun, ainsi que dans celles de la Jacinthe (*Hyacinthus orientalis* L.) et du *Scilla lusitanica*. Dans ces différentes plantes, la racine se courbe tout entière pour se porter vers la lumière, tandis que la racine de la Belle-de-Nuit n'incline que son extrémité.

Jusqu'à ce jour, tout semble prouver que le nombre des espèces dont les racines ont la singulière propriété de se porter vers la lumière est fort restreint; celui des plantes dans les racines desquelles on a constaté l'existence de la faculté contraire, c'est-à-dire qui se portent du côté de l'obscurité, est notablement plus grand; enfin, dans l'immense majorité des végétaux, cet organe montre une indifférence complète relativement à cet agent, qu'il ne recherche ni n'évite.

Dutrochet a eu encore le mérite d'ouvrir la voie relativement à la fuite de la lumière par les racines : en 1833, il constata ce fait inattendu dans celles du *Pothos digitata;* il est bon toutefois de rappeler cette circonstance particulière, que son observation portait sur une racine aérienne, dès lors différente à certains égards de celles qui vivent dans les profondeurs du sol. Douze ans plus tard, Payer reconnut que les jeunes racines du Chou et de la Moutarde blanche, germant sur un petit coussinet de coton qui flottait à la surface de l'eau, se dirigeaient vers le côté obscur de

[1] Recherche et fuite de la lumière par les racines, par M. Durand; thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, in-4° de 48 pages. Caen, 1849.

la chambre où se faisaient les expériences, tandis que les jeunes tiges s'inclinaient, comme d'habitude, vers la fenêtre. Pour le *Sedum Telephium*, le même fait n'avait lieu que sous l'action des rayons directs du soleil. Dans une note succincte[1], où il annonçait comme prochaine la publication d'un mémoire plus étendu qui n'a jamais été mis au jour, il résumait les principales conclusions qu'il croyait être autorisé à déduire de ses expériences. Les racines, disait-il, lorsqu'elles fuient la lumière, font avec la verticale un angle différent, en sens inverse de celui de la tige et toujours plus petit que celui-ci. Il n'y a que la partie du spectre comprise entre les raies F et H qui agisse dans ce cas, et tous les points de cette portion du spectre qui embrasse les rayons violets, indigos et la presque totalité des rayons bleus, n'ont pas la même intensité d'action. Il ajoutait que cette action de la lumière relativement aux racines et aux tiges a certainement une grande influence sur la tendance du premier de ces organes à descendre vers le centre de la terre, du dernier à s'élever vers le ciel.

Une partie seulement de ces assertions fut reconnue exacte par les Commissaires que l'Académie avait chargés de l'examen du travail de Payer, notamment par Dutrochet, auteur du rapport qui fut fait à ce sujet[2]. Ce dernier physiologiste s'assura d'abord que, si l'angle d'inclinaison avec la verticale formé par la racine qui fuit la lumière est plus petit que celui que fait la jeune tige de la même plante en se portant vers le jour, ce n'est que pendant quelques heures, au commencement des expériences, par ce motif que la recherche de la lumière par les tiges s'opère plus rapidement que sa fuite par les racines; mais, au bout d'un plus long espace de temps, on voit souvent se produire le contraire, et les racines être déviées plus fortement vers l'obscurité que les tiges ne le sont vers le jour. Dutrochet a reconnu également une grande différence entre le genre de flexion de la tige et de la racine, quand

[1] Mémoire sur la tendance des racines à fuir la lumière, par J. Payer. (*Comptes rendus*, XVII, 1843, p. 1043-1045.)

[2] Voy. la citation de ce rapport, p. 334.

la première recherche et que la dernière fuit la lumière : s'étendant à toute la longueur ou à peu près pour celle-là, elle se limite à l'extrémité vulgairement et à tort nommée *spongiole* pour celle-ci; de plus, une fois qu'elle s'est produite dans la racine, elle ne se détruit plus, si l'on renverse l'orientation de la jeune plante relativement à la lumière, de telle sorte que plusieurs retournements successifs déterminent la formation d'un véritable zigzag; la structure et la marche du développement de cet organe expliquent ces deux particularités. Or on sait que rien de pareil n'a lieu pour la tige qui efface toute sa première courbure, si on la retourne après qu'elle s'est infléchie vers le jour. Enfin le rapporteur de la Commission a donné plus de précision et d'exactitude, d'après ses propres expériences, à l'énoncé relatif à l'action des différents rayons colorés. Ainsi le maximum de fuite de la lumière s'est présenté à lui dans les rayons violets, et c'est là également qu'elle a commencé; elle s'est manifestée, pendant les heures suivantes, successivement dans tous les autres rayons colorés. A six heures et vingt minutes après le commencement de l'une des expériences, la flexion latérale s'est montrée d'abord dans les rayons jaunes, ensuite dans les rayons orangés et dans ceux des rayons verts qui avoisinaient les jaunes, plus tard encore dans les rayons verts voisins des bleus, enfin et très-faiblement dans les rayons bleus. La flexion latérale n'a point eu lieu dans les rayons indigos ni violets; elle n'a point été non plus observée dans les rayons rouges. « Ainsi, dit Dutrochet, la fuite de la lumière par les racines commence dans les rayons violets, et leur flexion latérale commence dans les rayons jaunes, comme cela a lieu pour la flexion des tiges vers la lumière et pour leur flexion latérale; seulement tous les mouvements, dans les racines, sont inverses de ceux des tiges; chez les tiges, il y a flexion vers la lumière et flexion vers l'espace éclairé par les rayons indigos; tandis que, chez les racines, il y a flexion pour fuir la lumière et flexion pour fuir l'espace éclairé par les rayons indigos. »

Après ces expériences et ces énoncés destinés à rectifier ce qu'il y avait d'inexact dans les assertions de Payer, il restait à multiplier les exemples de racines douées de la faculté de fuir la lumière; c'est ce qu'a fait M. Durand, de Caen, qui, dans sa thèse citée plus haut[1], a donné une liste de vingt-six espèces ou variétés chez lesquelles il a observé cette fuite. Seulement cette liste donne une faible idée de la généralité du phénomène, puisqu'elle comprend, sur le nombre total, déjà peu élevé, vingt et une espèces ou variétés de Crucifères, une seule Légumineuse, deux Liliacées (*Allium*), une Amarantacée (*Achyranthes*) et une Solanée (Pomme de terre). Aussi l'auteur dit-il avec raison qu'il s'en faut bien que ce phénomène singulier soit général.

L'influence de la lumière est-elle la seule qui puisse altérer la direction normale des racines? D'après M. Duchartre[2], l'action d'une terre ou d'un air très-humide, s'exerçant sur les racines par contraste avec un milieu sec, pourrait parfois altérer aussi la direction naturelle de ces organes et les amener à s'étendre soit horizontalement, soit même plus ou moins directement de bas en haut. A l'appui de cette idée, il rapporte les expériences restées peu connues dans lesquelles un médecin écossais, Henri Johnson, qui pourtant ne croyait pas à cette influence de l'humidité, a vu plusieurs fois des graines de Moutarde qui germaient à la base d'un cylindre de terre humide, et dont la radicule, si elle avait suivi sa direction descendante habituelle, aurait été forcée de s'étendre à travers l'air sec, détourner leur jeune racine de la verticale et l'étendre horizontalement sous la face inférieure du cylindre de terre, ou même se relever de bas en haut pour pénétrer dans cette masse humide. Il ajoute une expérience faite à peu près de même par Knight, avec des graines de Fève, et dans laquelle le résultat a été semblable. Enfin il rapporte ses propres observations qui ont

[1] Voy. la citation faite de cette thèse, p. 387.

[2] Influence de l'humidité sur la direction des racines, par M. P. Duchartre. (*Bull. de la Soc. bot. de France*, III, 1856, p. 583-591.)

été faites sur une Reine-Marguerite, un Hortensia et un pied de *Veronica Lindleyana*. Ces sujets étaient plantés chacun dans un pot de jardin qui avait été enfermé dans une enceinte de verre parfaitement close. La terre de ces pots a été arrosée faiblement de manière à ne conserver que la quantité d'humidité strictement nécessaire pour que les plantes ne périssent pas; mais l'eau d'évaporation se condensant sur les parois du vase-enveloppe n'a pas tardé à s'amasser au fond de celui-ci, de telle sorte que l'air qui entourait chaque pot était chargé d'humidité. Dans ces conditions anormales, sous l'influence d'un air très-humide et d'une terre sèche, les racines adventives qui ont pris naissance dans cette atmosphère confinée, sur le bas des tiges, n'ont plus manifesté de tendance à descendre, et beaucoup de celles qui se trouvaient dans la terre des pots se sont allongées pour en sortir et pour s'élever de bas en haut dans l'air presque constamment saturé qui remplissait l'appareil. Se basant sur ces expériences, sur celles de Johnson et de Knight, l'auteur formule cet énoncé général, que l'humidité est l'une des causes dont on doit tenir grand compte, si l'on veut expliquer la direction que suivent les racines dans le cours de leur développement.

### § 2. Mouvements.

Diverses plantes sont susceptibles d'exécuter, dans certaines de leurs parties, des changements de situation, les uns lents mais pas assez pour avoir échappé à l'attention des physiologistes, les autres assez rapides pour être tous les jours remarqués sans peine, même par les yeux les moins attentifs et les moins prévenus. Ces derniers sont le plus souvent déterminés par une excitation momentanée; c'est ainsi que la Sensitive (*Mimosa pudica* L.) et quelques autres espèces sensibles ou plutôt irritables comme elle, relèvent brusquement leurs folioles et rabattent leurs feuilles sous l'action d'un choc, d'une brûlure, d'une goutte de liquide caustique; que le Gobe-mouches (*Dionæa Muscipula* L.) rapproche rapidement l'une

de l'autre les deux moitiés du limbe de sa feuille lorsqu'un insecte, en se posant à sa surface, le chatouille avec ses pattes. Plus rarement la cause de ces mouvements nous échappe, comme, par exemple, pour le Sainfoin oscillant du Bengale (*Desmodium gyrans* D.C.), dont chaque feuille, formée de trois folioles, présente deux mouvements dissemblables dans sa grande foliole impaire et dans ses deux petites folioles latérales. Quant aux mouvements assez lents pour n'être observés qu'à l'aide d'une comparaison attentive et continue, les plus remarquables sont certainement ceux qui donnent à la plupart des feuilles, pendant la nuit, une position différente de celle qu'on leur voit pendant le jour. Linné les a désignés poétiquement sous le nom de *sommeil* des plantes, qui indiquerait avec le sommeil des animaux une analogie non justifiée par les faits. Ces deux ordres de mouvements ont été regardés généralement comme dus à une cause unique, ou tout au moins comme des manifestations distinctes en apparence plutôt qu'en réalité d'une propriété identique dans les tissus végétaux; en d'autres termes, on a dit qu'une Sensitive, par exemple, sous l'influence d'une excitation instantanée, ne fait que prendre subitement la position à laquelle le sommeil l'amène lentement pendant la nuit. Aussi la plupart des physiologistes ont-ils réuni dans leurs études ces deux ordres de faits, qu'il devient dès lors presque impossible de séparer dans l'exposé qui va suivre. Toutefois, des observations récentes montrent que cette idée était basée sur une confusion non motivée, puisqu'on a pu abolir l'irritabilité dans la Sensitive sans l'empêcher pour cela de modifier la situation de ses feuilles par la succession du sommeil et de la veille. Cette réserve faite, nous jetterons d'abord un coup d'œil sur les recherches auxquelles a donné lieu spécialement ou à peu près le sommeil des plantes, pour passer ensuite à celles qui ont eu pour objet au moins principal les espèces appelées sensibles, sans essayer néamoins de tracer entre les unes et les autres une ligne de démarcation nettement accusée.

A. *Sommeil.* Dutrochet est celui de nos physiologistes qui, dans ces derniers temps, a examiné avec le plus d'attention les curieux phénomènes du réveil et du sommeil, qu'il a considérés séparément dans les fleurs et dans les feuilles. Dans les premières, c'est l'état d'ouverture ou d'épanouissement qui constitue le réveil; c'est, au contraire, la fermeture ou l'occlusion qui caractérise le sommeil. Il en résulte qu'on n'observe des alternatives de veille et de sommeil que dans les plantes dont la fleur s'ouvre et se ferme plusieurs fois de suite, et que, dans toutes les autres, beaucoup plus nombreuses, la corolle, une fois ouverte, ne se ferme plus que pour se faner et périr. Le mémoire de Dutrochet fut présenté à l'Académie des sciences en 1836; il a été publié, en 1837, dans la collection de ses divers travaux sur la physiologie végétale et animale; il remonte donc au delà des limites de ce Rapport, et, par suite, il suffit d'en avoir signalé l'existence. Antérieurement, de Candolle avait fait du même phénomène l'objet d'expériences d'un grand intérêt, dans lesquelles, en éclairant artificiellement, pendant la nuit, des plantes qu'il tenait dans une obscurité profonde pendant le jour, il était arrivé, assurait-il, à intervertir pour quelques-unes le moment du sommeil et de la veille, tandis que pour d'autres il avait vu ce renversement des conditions extérieures impuissant pour altérer la marche naturelle des choses. Cette assertion capitale a été contredite, plus tard, en 1858, par M. Fée. Nous n'avons pas non plus à parler ici de ce travail important du célèbre botaniste de Genève, puisqu'il remonte au commencement de ce siècle, et qu'il a paru dans le premier volume du recueil des Mémoires dus à des Savants étrangers à l'Institut.

Un observateur qui, habitant la campagne, a pu y examiner attentivement un grand nombre de plantes spontanées, M. Ch. Royer, de Saint-Remy (Côte-d'Or), a fait connaître beaucoup de faits intéressants relativement au sommeil des fleurs, et, après avoir déterminé les circonstances qui paraissent influer le plus puissamment

sur ce phénomène, il a essayé d'en reconnaître la cause première[1].

Il a d'abord constaté que les fleurs sommeillantes ont à peu près toutes une corolle régulière; les seules qu'il ait vues faire exception sous ce rapport sont les Véroniques, dont l'irrégularité n'est pas grande, et diverses Composées. Il y a des familles et des genres dont certaines espèces sont sujettes au sommeil, tandis que d'autres n'offrent rien de semblable; par exemple, parmi les Crucifères, le *Capsella Bursa pastoris*, et, parmi les Caryophyllées, l'*Alsine media* sont très-nettement sommeillantes, tandis que le *Cheiranthus Cheiri*, le *Silene inflata* ne le sont pas; et, dans le même genre, le *Geranium molle* se trouve dans le premier cas, le *G. Robertianum* dans le second. Faisant le relevé des familles dans lesquelles il a pu observer des espèces à fleurs sommeillantes, M. Royer a reconnu qu'elles sont moins nombreuses que celles où il n'a pu reconnaître rien de pareil; parmi les premières se trouvent les Renonculacées, les Caryophyllées, les Oxalidées, les Crucifères, les Cistinées, etc. Les Composées sont très-souvent sommeillantes; mais, chez elles, le sommeil peut consister en deux mouvements distincts : le plus apparent est celui de leur involucre, qui se resserre pendant la nuit et s'ouvre pendant le jour; le second, qui est moins visible et moins fréquent, s'opère dans les petites fleurs elles-mêmes, qui, en général, se relèvent à l'obscurité, tandis que parfois elles se rabattent sous la même influence. Toutes les Liguliflores étant sommeillantes, la Chicorée sauvage (*Cichorium Intybus* L.) échappe à cette règle générale.

L'humidité et un abaissement de température paraissent être les principales causes d'occlusion des fleurs; par contre, la chaleur est certainement la cause la plus essentielle de leur épanouissement. Ainsi M. Royer a pu maintenir des fleurs, ou plus exactement des

[1] Sur le sommeil des fleurs, par M. Ch. Royer, de Saint-Remy. (*Bulletin de la Société botanique de France*, VII, 1860, p. 924-928.) — Note sur le sommeil des fleurs, par le même. (Même recueil, XII, 1865, p. 31-35.)

capitules de *Bellis*, constamment épanouies pendant quatre jours et quatre nuits de suite, en les laissant dans un lieu obscur où la température moyenne était constamment de 25° c., le pot étant placé sur une assiette pleine d'eau. Dans les mêmes conditions, un *Mesenbryanthemum* a gardé sa fleur ouverte pendant quarante-huit heures consécutives. Mais rien de pareil n'a eu lieu pour d'autres plantes, les unes à fleurs simples, les autres à fleurs composées. Néanmoins la turgescence des tissus, conséquence de l'humidité à laquelle la plante est soumise, a certainement encore plus d'action que la chaleur; ainsi, pendant l'été, les fleurs s'ouvrent dès le matin pour se fermer aux heures les plus chaudes de la journée, tandis que sur les mêmes espèces, au printemps, elles s'ouvrent plus tard pour se fermer plus tard également. Elles restent dès lors épanouies pendant le même espace de temps, à ces deux époques différentes de l'année. Quant à la lumière, son action est faible par rapport à l'épanouissement et à l'occlusion; on vient de voir que c'est au milieu même de la journée que se ferment généralement, en été, les corolles sommeillantes, et, d'un autre côté, dans une profonde obscurité, les fleurs s'ouvrent comme au jour, pourvu que leur bouton se soit formé à l'air libre, car, sur des plantes étiolées, les boutons chétifs qui ont pu se produire hors de l'influence de la lumière se refusent à tout épanouissement.

A ces faits il fallait une explication. M. Royer l'a cherchée dans une hypothèse qui aurait besoin d'être appuyée sur des observations attentives de la structure anatomique des corolles. Il admet, en effet, que c'est la face interne de cet organe qui est active et en détermine, soit l'épanouissement, soit l'occlusion, et qui, par conséquent, amène la veille ainsi que le sommeil des fleurs; mais, en général, les tissus qui forment ces deux faces n'offrent pas une dissemblance assez marquée pour qu'il soit permis de croire qu'elles jouent un rôle si différent.

M. Fée s'est beaucoup occupé du sommeil des feuilles en général

et des mouvements de la Sensitive (*Mimosa pudica* L.) considérés en particulier; il a toujours regardé ces derniers, à la rapidité près avec laquelle ils s'effectuent sous l'influence d'une irritation, comme identiques à ceux qui ont reçu la dénomination de sommeil. Aussi a-t-il toujours rapproché ces deux phénomènes dans ses études et dans ses écrits[1]. En rapportant les principaux résultats de ses observations et les conséquences qu'il a cru devoir en déduire, nous séparerons ici quelque peu ce qu'il a constamment réuni.

M. Fée a principalement cherché à reconnaître quelle est l'influence de la lumière sur le sommeil et le réveil des plantes. Il avait d'abord constaté que l'obscurité ne met point obstacle à l'état diurne ou de veille des plantes sommeillantes; que même elle soutient cet état, et qu'elle tend à laisser étalées les feuilles qu'on y transporte dans cette situation. Il avait vu aussi que des plantes placées dans une cave obscure, telle que la température en soit peu élevée et l'air très-humide, peuvent y rester dans la position de veille pendant plusieurs jours de suite; si alors on les retire de la cave où elles se tenaient éveillées, pour les transporter à l'air libre, pendant la nuit, elles prennent lentement, dans ces nouvelles conditions, leur position nocturne. Dans une cave chaude et peu enfoncée en terre, ou dans un appartement sec, l'un et l'autre tenus parfaitement obscurs, les choses se passent comme dans une cave profonde, mais d'une manière un peu moins complète. D'un autre côté, cet observateur a constaté qu'un changement brusque et considérable de température agit assez énergiquement sur les feuilles éveillées pour les faire passer à l'état de sommeil. Plus tard, il s'est assuré que l'obscurité seule n'est pas un obstacle à la régu-

[1] Mémoire physiologique et organographique sur la Sensitive et les plantes dites sommeillantes, par M. Fée. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, XXII, 1846, p. 602-607; *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg*, IV, 1850, p. 69-98, avec une planche.) — Notice sur les plantes dites sommeillantes, et en particulier sur le *Porlieria hygrometrica*, par le même. (*Bulletin de la Société botanique de France*, V, 1858, p. 451-469.)

larité des alternatives de veille et de sommeil. Voici comment les choses se passent ordinairement à cet égard : une plante éveillée, qu'on fait passer brusquement de la lumière à l'obscurité, en éprouve une sorte de secousse et ferme ses feuilles; mais cet effet est momentané; peu de temps après, elle les étale de nouveau, et, dès cet instant, elle se comporte comme si elle se trouvait dans les conditions normales; on la voit s'endormir et s'éveiller de même que si elle était placée à l'air libre; seulement l'arrivée du sommeil est un peu avancée pour elle, et celle du réveil est quelque peu retardée. Toutefois, par l'effet d'une particularité bizarre, tandis que la plupart des individus appartenant à une espèce continuent ainsi de s'endormir et de se réveiller dans l'obscurité, à peu près comme s'ils étaient placés en plein air, d'autres individus de la même espèce persistent longtemps dans leur situation de veille si, tandis qu'ils se trouvent dans cet état, on les transporte à l'obscurité complète.

Au total, d'après cet observateur, si la lumière est la cause qui exerce l'action la plus générale et la plus puissante sur le sommeil des plantes, elle n'est pas la seule qu'on puisse invoquer pour arriver à l'explication de ce curieux phénomène.

Non content d'observer des faits, M. Fée a cherché à remonter jusqu'à la cause qui les produit et au mécanisme qui en détermine la manifestation. D'après lui, les mouvements de sommeil et de veille sont dus essentiellement à la différence qui existe entre les deux faces (appelées par lui lames) d'une même feuille, sous le double rapport de la structure anatomique et des tendances naturelles : la face supérieure recherche la lumière, et le tissu qui l'avoisine consiste en cellules oblongues, serrées l'une contre l'autre, dirigées perpendiculairement à l'épiderme; la face inférieure recherche l'obscurité, et le tissu qui lui est adjacent est composé de cellules irrégulières, unies en un tissu lacuneux. « Cette indépendance organique et physiologique des deux lames pourrait déjà, « dit M. Fée, rendre compte de certains mouvements qu'exécutent

« les feuilles. Une fonction devenant prédominante, l'équilibre est « momentanément détruit, et des deux lames celle qui est le plus « vivement impressionnée entraîne l'autre. » Cette hypothèse, assez analogue, sous le rapport mécanique, à celle de Bonnet, se concilie peu avec ce fait connu, que les mouvements exécutés par les feuilles et les folioles ont pour siége le renflement situé à la base de leur pétiole ou pétiolule, qui, pour ce motif, est souvent qualifié de moteur.

Outre ses études générales, M. Fée a donné une attention toute particulière à l'examen du *Porlieria*, dans lequel on avait voulu voir une sorte de baromètre ou d'hygromètre vivant, et que, pour ce motif, Ruiz et Pavon ont distingué sous la dénomination spécifique d'*hygrometrica*. Ses observations n'ont nullement confirmé les idées que ces deux auteurs de la Flore du Pérou avaient introduites, à cet égard, dans la science, et que tous les botanistes ont reproduites d'après leur autorité; elles lui ont prouvé que l'état hygrométrique de l'air, les approches d'un orage, la présence ou l'absence des nuages n'exercent aucune influence sur le *Porlieria*, auquel dès lors on ne peut demander aucun pronostic sur le temps à venir. Par compensation, cette plante possède une aptitude remarquable à manifester les mouvements alternatifs de sommeil et de veille, qui, chez elle, sont plus prononcés que chez toute autre; elle exécute même ces mouvements sous l'eau avec tout autant de régularité que dans l'air, et l'obscurité n'altère pas pour elle, sous ce rapport, la marche naturelle des faits.

Des particularités intéressantes ont été ajoutées à la somme des connaissances acquises auparavant, sur le sommeil des feuilles, par MM. J.-E. et G. Planchon, dans une note succincte et sans titre[1], qui ne renferme guère que les conclusions d'un mémoire plus étendu dont la publication paraît n'avoir pas eu lieu jusqu'à ce jour. Ces deux botanistes ont d'abord reconnu la réalité d'un

[1] *Bulletin de la Société botanique de France*, V, 1858, p. 469-470.

fait signalé, dès 1561, sur une Réglisse (*Glycyrrhiza echinata*), par Valerius Cordus, et observé au siècle dernier, par Bonnet, sur le *Robinia Pseudacacia* : c'est que la plupart des plantes sommeillantes ont un sommeil diurne ou une sorte de sieste, amenée par l'action directe du soleil, pendant les heures les plus chaudes de la journée. Alors leurs folioles se relèvent pour se rapprocher par paires, au point que parfois elles arrivent à se mettre en contact par la face supérieure. Ce mouvement est quelquefois inverse de celui qui constitue le sommeil nocturne (*Robinia*, *Gleditschia*), mais le plus souvent il reproduit ce dernier, à l'intensité près. MM. Planchon ont vu également, sur la Luzerne ordinaire (*Medicago sativa*), la feuille exécuter, avec ses folioles, de jour et de nuit, sans autre interruption que des repos de durée variable, des mouvements qui rappellent assez ceux dont l'exécution rend si remarquable le Sainfoin gyratoire de l'Inde (*Desmodium gyrans*) : la foliole terminale s'abaisse ou se relève plus ou moins par rapport au plan du pétiole commun ; on la voit aussi basculer à droite ou à gauche, selon les heures. Quant aux folioles latérales, elles décrivent avec leur sommet une courbe irrégulière; c'est, d'ordinaire, vers midi et vers minuit qu'elles sont le plus relevées, vers six heures du matin et du soir qu'elles sont le plus étalées; toutefois on remarque une certaine irrégularité dans certaines folioles qui semblent échapper à la loi générale et qui se montrent, à un moment donné, dans des positions diverses. Il est essentiel cependant de faire observer que ces mouvements, loin d'être aussi rapides ni aussi prononcés que ceux qui ont rendu célèbre le *Desmodium gyrans*, sont assez lents pour n'être pas directement sensibles à l'œil, et pour ne devenir appréciables que par la comparaison attentive des diverses directions qu'affectent les folioles aux différentes heures de la journée.

C'est toujours sur des plantes dicotylédones qu'on a signalé les mouvements qualifiés de sommeil; les plantes monocotylédones avaient semblé ne pouvoir offrir rien de semblable, leurs feuilles étant presque toujours simples et presque toujours aussi attachées

à la tige par une large base qui rend au moins difficile pour elles tout changement de position. Toutefois une observation récente de M. Brongniart prouve qu'on aurait tort de croire que tout mouvement, de la nature de ceux dont il s'agit en ce moment, fût interdit aux végétaux de cet embranchement [1].

Une Graminée de petite taille, originaire de la Guyane, le *Strephium guianense* qu'on voit souvent cultivé dans les serres chaudes, change entièrement, à l'approche de la nuit, la position du limbe de ses feuilles. Pendant le jour, les chaumes de cette plante étant dirigés obliquement, les feuilles nombreuses et assez courtes ($0^m,04$ à $0^m,05$ de longueur) que porte chacun d'eux dirigent leur limbe dans le même plan qu'eux, la face supérieure en haut, de telle sorte qu'une de ces tiges, avec ses feuilles distiques ainsi disposées, ressemble à une feuille pennée à folioles alternes. Ce limbe est toujours plan, brusquement resserré et même un peu échancré en cœur à sa base, et il est rattaché à la gaîne par une sorte de bourrelet intermédiaire, qui lui forme comme un très-court pétiole charnu, arrondi en dessus, plat en dessous. Dans l'état diurne, ce bourrelet est un peu tordu sur lui-même, de manière à diriger vers le ciel la face supérieure du limbe; le soir, il se détord, et alors la feuille, revenant à sa position naturelle, va s'appliquer, par son dessus, contre le chaume, de telle sorte que toutes s'imbriquent alors de bas en haut et embrassent étroitement entre elles la tige qu'elles recouvrent. Ce mouvement s'opère dès avant la nuit, entre quatre et six heures du soir; pendant les longs jours de l'été, il s'est entièrement effectué vers huit heures du soir. Aucune autre Graminée n'a paru présenter rien de semblable à ce curieux changement de situation des feuilles pendant la nuit.

B. *Mouvements de la Sensitive.* — La Sensitive (*Mimosa pudica* L.) est une plante vraiment merveilleuse par la rapidité avec laquelle

[1] Note sur le sommeil des feuilles dans une plante de la famille des Graminées, le *Strephium guianense*, par M. Ad. Brongniart. (*Bulletin de la Société botanique de France*, VII, 1860, p. 470-472.)

un choc, l'action d'une substance caustique, en un mot une irritation quelconque, déterminent dans ses feuilles des mouvements analogues à ceux du sommeil, qui en changent entièrement l'aspect général, et qui lui donnent toute l'apparence d'un être doué de sensibilité; de là lui est venue sa dénomination habituelle. Ses feuilles, fort complexes en organisation, sont formées d'un pétiole commun, vers l'extrémité duquel se trouvent quatre pétioles secondaires; chacun de ceux-ci porte, le long de ses deux côtés, un assez grand nombre de folioles; elles sont donc composées-pennées au second degré ou bipennées. A la base de chaque foliole, comme à celle de chacun des quatre pétioles secondaires, surtout à celle du pétiole commun ou primaire, se trouve un renflement qui, grâce à la disposition spéciale des tissus dont il est formé, est à la fois le siége et le principe des mouvements tant de la feuille entière que de ses diverses parties. Ces mouvements consistent en ce que, l'irritabilité de l'organe étant mise en jeu, par exemple, par un choc, les folioles se relèvent, en s'inclinant vers le sommet du pétiole secondaire qui les porte, de manière à venir se toucher par leur face supérieure et à se recouvrir l'une l'autre en s'imbriquant; en même temps, les pétioles secondaires, naturellement divergents, se rapprochent, et, de son côté, le pétiole commun se rabat. Dans cet état, la feuille entière ne semble plus vivante; mais, au bout d'un temps plus ou moins long, selon l'intensité de l'irritation qu'elle avait subie, elle retourne graduellement à son état naturel; elle relève son pétiole commun, écarte ses pétioles secondaires, étale ses folioles, et reprend ainsi son premier air de vie et de fraîcheur.

La Sensitive a été le sujet d'un grand nombre d'observations qui ont donné lieu à la publication de beaucoup d'écrits spéciaux, tant en France qu'à l'étranger. Parmi nous, Duhamel avait donné à cet égard un exemple qui a eu plusieurs imitateurs; aussi, dans le quart de siècle qu'embrasse le présent Rapport, aurons-nous à mentionner trois physiologistes comme ayant soumis cette plante éminemment curieuse à une longue suite d'expériences,

et comme en ayant tiré la matière de mémoires intéressants. Toutefois on conçoit aisément que tout n'a pu être nouveau dans ces mémoires relativement à un sujet qui avait été traité si souvent et avec une prédilection si marquée. Dès lors, n'ayant à signaler ici que ce qu'ils ont pu ajouter à la somme des connaissances antérieurement acquises, devrons-nous être assez concis à leur égard.

M. Fée, dans ses deux mémoires déjà cités (voyez p. 346), a posé comme conséquence générale de ses recherches que les mouvements exécutés par la Sensitive sous l'influence d'une irritation ne sont qu'une exagération de ceux qu'accomplissent lentement les plantes sommeillantes pour prendre leur position nocturne. Nous verrons bientôt que cette assimilation n'est admissible que quant à l'analogie d'aspect et de position que prennent les feuilles, d'un côté sous l'influence d'une irritation, de l'autre pendant la période nocturne. Il a dit aussi que la feuille est irritable dans toutes ses parties, et qu'elle l'est seulement à un plus haut degré dans ses renflements moteurs que dans son limbe; mais, sous ce rapport également, l'observation ne justifie pas tout à fait son énoncé, puisque c'est uniquement dans les renflements moteurs que se trouvent le siége des mouvements et une structure anatomique spéciale capable de les produire. Enfin il a cherché la cause première des mouvements de la Sensitive dans l'irritabilité et la contractilité non-seulement du tissu cellulaire, mais encore et même plus particulièrement des vaisseaux, que, dit-il, leur structure rend éminemment propres au mouvement par contraction. Dans son premier mémoire sur cette plante, il n'avait indiqué comme actif dans le phénomène que le premier de ces deux tissus qu'il disait pouvoir être regardé comme érectile; il supposait que les liquides concourent puissamment à l'effet définitif, en abreuvant les cellules des plans inférieurs pendant l'état d'extension de la feuille, puis en se transportant de là dans celles des plans supérieurs lorsque survient la contraction. Il y a lieu de penser qu'en ajoutant, dans son second mémoire, l'intervention des vaisseaux à l'action du tissu

cellulaire, le savant professeur de Strasbourg a modifié peu avantageusement ses premières idées sur ce sujet.

On doit à M. Leclerc, professeur à l'École de médecine de Tours, la découverte d'un fait très-curieux dont il a été fait récemment une ingénieuse application[1] : c'est que la Sensitive perd momentanément son irritabilité sous l'influence des anesthésiques, éther et chloroforme. Un pied de cette plante ayant été enfermé sous une cloche de verre, sous laquelle avaient été placés également plusieurs vases remplis d'éther, cessa d'être sensible aux irritations. Dix à quinze minutes suffisaient pour que cet effet fût produit, quand l'expérience avait lieu au soleil; il fallait plus d'une heure sous un ciel sombre. Après avoir subi l'influence de la vapeur d'éther, les feuilles étaient devenues incapables de se mouvoir sous l'action du choc le plus violent, même sous celle des acides, du feu, des mutilations les plus considérables; mais cette sorte de paralysie n'était que momentanée; retirée de l'atmosphère éthérée, la plante ne tardait pas à recouvrer sa propriété caractéristique. Dans les cas où l'action de l'éther était prolongée trop longtemps pendant le jour, et dans ceux où elle s'était exercée durant plusieurs heures pendant la nuit, la mort survenait accompagnée d'une roideur extraordinaire, que M. Leclerc compare à la rigidité cadavérique. L'action du chloroforme a été reconnue analogue à celle de l'éther, mais encore plus rapide et plus profonde. Ces observations sont extrêmement intéressantes; mais il serait peu logique d'en tirer, à l'exemple de l'auteur, cette conséquence hardie, que la Sensitive, et, comme elle, la généralité des végétaux, possèdent un appareil nerveux dont l'existence, déjà soutenue par quelques physiologistes antérieurs, n'a jamais pu être révélée par les études anatomiques les plus attentives.

Les curieuses expériences de M. Leclerc ont été un excellent point

[1] Recherches physiologiques et anatomiques sur l'appareil nerveux des végétaux, première partie, par M. Leclerc (*Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, XXXVII, 1853, p. 526-528.)

de départ pour celles, en grand nombre, auxquelles s'est livré récemment un jeune physiologiste de mérite, M. Paul Bert. Le mémoire que ce dernier savant a consacré à la Sensitive a étendu le cercle de nos connaissances sur cette espèce déjà si souvent étudiée, et les a même modifiées d'une manière heureuse sur un point important[1].

M. Paul Bert a d'abord répété, en les variant, les expériences de M. Leclerc, au moyen des vapeurs de l'éther et du chloroforme; il en a reconnu l'exactitude; mais il a de plus constaté que l'immobilité qu'on détermine ainsi peut être circonscrite et localisée, à ce point qu'en soumettant une seule feuille à l'action anesthésique, sur un pied bien portant, on la rend seule insensible; toutefois l'effet violent qu'éprouve cette feuille seule réagit d'abord momentanément sur l'ensemble de la plante, dont toutes les feuilles se ferment, pour se rouvrir aussitôt que l'irritation générale s'est calmée. Enfin il a établi ce fait capital, que l'action des anesthésiques peut isoler les mouvements nocturnes ou de sommeil de ceux que provoque une irritation momentanée; elle abolit ces derniers, elle laisse intacts les premiers. Il n'y a donc pas lieu de regarder ces deux ordres de mouvements comme essentiellement identiques, ni comme différant uniquement quant à la rapidité des uns et la lenteur des autres.

Un autre motif vient encore appuyer cette distinction essentielle. L'étude anatomique des renflements moteurs a montré que les tissus qui en constituent la portion active sont disposés de manière à former comme deux ressorts placés l'un en dessus, l'autre en dessous, qui tendent l'un et l'autre à s'incurver, et qui par cela même sont antagonistes l'un de l'autre. Quand le ressort inférieur a la prédominance, il abaisse la feuille: celle-ci se relève dès qu'il perd cette prédominance, ou bien quand le ressort inférieur reçoit

[1] Recherches sur les mouvements de la Sensitive, par M. Paul Bert. (*Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, huitième cahier, 1866; tirage à part en broch. in-8° de 38 pages. Bordeaux, 1867.)

un accroissement d'énergie. C'est l'équilibre entre les deux tensions qui amène la position normale de l'organe, pendant le jour et en l'absence de toute excitation accidentelle. Il est à peine besoin de dire que l'un des deux ressorts peut l'emporter sur son antagoniste de deux manières différentes, soit qu'il augmente momentanément lui-même de puissance, soit que l'autre faiblisse, tandis que lui-même conserve invariablement son énergie. Or, dit M. P. Bert, « tandis « que les mouvements consécutifs à une excitation ont pour raison « unique une diminution brusque d'énergie dans la moitié infé- « rieure du renflement, les mouvements nocturnes sont toujours « déterminés par une augmentation lente de la force de la moitié « supérieure, accompagnée d'une diminution d'abord, puis d'une « augmentation de puissance de la moitié inférieure. » Il en résulte donc une autre différence essentielle entre ces deux ordres de mouvements, que l'apparence avec laquelle ils se produisent avait seule fait identifier sans motifs réels, jusqu'au mémoire important publié en Allemagne par M. E. Brücke.

Relativement au sommeil de la Sensitive, un hasard heureux a fait découvrir à M. P. Bert une particularité inconnue jusqu'à lui et fort curieuse : c'est que le pétiole primaire, très-abaissé à l'arrivée de l'obscurité, se relève plus ou moins pendant la nuit, pour s'abaisser ensuite de nouveau de plus en plus à partir du matin jusqu'à la nuit suivante. Le maximum et le minimum de l'angle formé par le pétiole primaire avec la partie inférieure de la tige ont lieu généralement l'un et l'autre pendant la nuit; en d'autres termes, c'est pendant la période nocturne de la journée que ce pétiole commun s'abaisse le plus et puis se relève au plus haut degré. Il n'est pas sans intérêt de rapprocher ce maximum de redressement pendant la nuit de l'espèce de sieste que MM. Planchon ont reconnue comme s'opérant dans certaines feuilles pendant le jour, au moment de la plus grande ardeur du soleil.

M. P. Bert n'a pas manqué de rechercher l'explication des mouvements de tout ordre que présente la plante dont il s'est occupé

avec tant de persévérance et d'attention; mais ses efforts dans cette voie sont venus échouer, comme pour les autres physiologistes, devant la difficulté qui résulte de la rapidité des changements que provoque une action irritante. Pour ceux-ci, aucune cause prochaine ne peut être encore entrevue; quant à ceux beaucoup plus lents qui constituent le sommeil, on peut s'en rendre compte d'une manière satisfaisante en admettant que, pendant la nuit, les liquides s'accumulent d'abord dans la partie supérieure du renflement moteur, qui en prend une énergie prédominante, de manière à déterminer l'abaissement de la feuille entière; qu'ensuite ils se portent de même dans la partie inférieure ou dans le ressort inférieur qui, à son tour, devenant plus fort par cela même, relève le pétiole jusqu'alors abaissé; mais il est certain qu'un pareil afflux de liquides ne peut s'opérer en un instant, et que dès lors on ne peut en tirer l'explication des mouvements produits instantanément par un choc ou par toute autre irritation.

Art. 10. — Végétation dans ses rapports avec les agents impondérables.

Les plantes subissent, pendant l'accomplissement de leurs phénomènes vitaux, une influence considérable de la part des trois agents impondérables, chaleur, lumière, électricité, surtout du premier d'entre eux. Selon la manière dont elle s'exerce, selon son énergie, cette influence leur est tantôt avantageuse, tantôt nuisible; aussi est-il utile de pouvoir la connaître dans ses effets, la mesurer dans son intensité, la suivre au milieu des circonstances diverses dont les unes l'exaltent, tandis que les autres la restreignent. Mais, si la physiologie végétale profite de ces études pour pénétrer plus avant dans la connaissance de la végétation et de la marche à laquelle elle est soumise, c'est essentiellement aux physiciens qu'il appartient de les exécuter, parce qu'ils sont plus familiarisés que la généralité des botanistes avec les instruments et les méthodes nécessaires par ce genre de travaux, parce que, d'ailleurs, ces travaux eux-mêmes se trouvent à la limite commune de la botanique

et de la physique, le plus souvent même un peu au delà de cette limite. D'un autre côté, c'est principalement la culture qui profite de l'observation des effets que produisent les agents impondérables sur le développement des plantes, car c'est elle qui a un intérêt tout spécial à rendre aussi vigoureuse que possible la végétation des espèces sur lesquelles elle s'exerce, ou plus généralement à diriger cette végétation de manière à en obtenir des résultats déterminés, tantôt l'accélérant, tantôt, au contraire, la retardant, ici favorisant la production des fleurs et des fruits, là excitant la formation des tiges ou des feuilles, etc. Pour tous ces motifs, le présent article figure dans ce chapitre relatif aux progrès récents de la physiologie végétale, bien moins à titre de partie essentielle et nécessaire qu'en vue d'en compléter le cadre et les divisions. Nous ne pourrions, d'ailleurs, songer à y présenter le résumé de tous les travaux modernes dans lesquels il est plus ou moins question de l'influence que les agents impondérables exercent sur les végétaux, car alors des ouvrages de pure et simple physique devraient eux-mêmes y être signalés par cela seul qu'on y trouve çà et là quelque allusion au sujet dont il s'agit en ce moment. Nous serons donc amené par la force des choses à ne présenter ici que des indications succinctes sur les travaux de cet ordre publiés à notre époque qui ont les relations les plus directes avec la physiologie végétale.

1° *Chaleur.* La chaleur exerce sur la végétation une influence puissante que l'observation de tous les jours met en parfaite évidence, même pour les esprits les moins attentifs. En hiver, les plantes sont dans un état de torpeur qui suspend en elles toute croissance, et elles ne donnent de nouveaux signes de vie que lorsque la température commence à s'adoucir. Le réveil de la nature végétale n'est complet qu'à l'époque où l'air est tempéré, où la terre a été réchauffée par le soleil; enfin les plantes sont dans toute l'activité de leur développement aussitôt que la longueur des jours amène à sa suite une chaleur suffisante pour stimuler énergiquement leurs organes, mais pas encore assez intense ni assez

continue pour causer la sécheresse du sol. La culture des jardins fournit aussi tous les jours la preuve expérimentale la plus nette de cette influence. Soumises à ce qu'on appelle la *culture forcée*, c'est-à-dire maintenues dans une atmosphère et une terre constamment chauffées, à l'intérieur de serres, de bâches ou de coffres, une foule de plantes se comportent au cœur de l'hiver comme elles le feraient naturellement au milieu de l'été : elles se développent, fleurissent, fructifient même pendant l'époque assignée par la nature pour leur repos hibernal. Toutefois une observation faite par L. Vilmorin montre[1] qu'il peut y avoir des exceptions à cette loi générale, au moins quant à l'action de la chaleur artificielle. En effet, en cultivant dans une serre des pieds de Froment et d'Avoine, cet habile cultivateur-physiologiste a reconnu que ces plantes semblaient insensibles à la chaleur de l'atmosphère confinée au milieu de laquelle elles végétaient, à ce point qu'elles n'ont fleuri et n'ont mûri leur grain qu'au moment précis où ont pu le faire d'autres pieds analogues qui avaient été semés au même moment en plein air. Il en a été de même pour des Betteraves, qui ont eu les diverses phases de leur développement dans une serre absolument comme leurs analogues dans les champs, tandis que des Fraisiers soumis à la même chaleur artificielle à côté d'elles ont gagné, pour leur fructification, de soixante à quatre-vingt-dix jours sur une période de cinq mois.

A quoi peut tenir l'accélération qu'un exhaussement de température imprime à la végétation? Évidemment à ce que, pour arriver à chacune des phases de son développement, chaque plante exige une certaine somme de chaleur qui peut être obtenue également, soit pendant un petit nombre de journées chaudes, soit pendant un nombre plus grand de journées seulement tempérées. Mais comment déterminer cette somme de chaleur? La réponse à cette question présente des difficultés réelles qui ont fait naître une grande diver-

[1] Note sur l'indifférence de quelques plantes par rapport à la chaleur artificielle, par L. Vilmorin. (*Comptes rendus*, XLVIII, 1859, p. 587-589.)

gence d'opinions et, par suite, de méthodes. L'élément fondamental de tous les calculs qui peuvent être faits pour arriver à ce but est la température moyenne de la journée. La plupart des observateurs qui ont cherché à déterminer la somme de chaleur nécessaire pour chaque grand acte de la vie végétale, notamment pour la floraison et pour la maturation des graines, ont additionné les températures moyennes diurnes, dont la somme a été pour eux l'expression de la chaleur reçue. Seul, M. Quételet a regardé comme plus exact d'additionner les carrés des températures moyennes en place de ces températures mêmes. De son côté, M. Babinet, se basant sur ce qu'en général l'effet produit par une cause constante, agissant pendant un certain temps, est proportionnel à l'intensité de la cause et au carré du temps pendant lequel elle agit, a conseillé d'appliquer ce principe à la mesure des effets produits par la température sur le développement des végétaux[1]. La formule qu'il a proposée consiste, dès lors, à multiplier le chiffre de la température efficace, c'est-à-dire la température moyenne réelle diminuée du nombre de degrés au-dessous duquel ne s'opère aucun développement, par le nombre de jours qui a été nécessaire pour amener le phénomène observé.

Maiš quelle que soit la méthode employée, l'application qu'on peut en faire repose avant tout sur la détermination de l'époque à partir de laquelle on compte les températures moyennes. Adanson prenait simplement pour point de départ le commencement de l'année; M. Boussingault a pensé avec raison qu'il était beaucoup plus exact de chercher dans la vie de la plante elle-même ce point initial qui ne peut être arbitraire : la germination pour les espèces annuelles, la reprise annuelle de la végétation pour celles dont l'existence est plus longue, ont marqué pour lui le terme à partir duquel il a compté les températures moyennes diurnes, et les physiologistes ont suivi son exemple à cet égard. Toutefois le comte

[1] Sur les rapports de la température avec le développement des plantes, par M. Babinet. (*Comptes rendus*, XXXII, 1851, p. 521-524.)

de Gasparin a montré[1] qu'aucune méthode ne rend rigoureusement compte des faits, et que la chaleur n'est pas la seule influence dont on doive tenir compte dans l'analyse des phénomènes végétatifs. Il a ensuite recherché l'influence de la température sur les différentes phases du développement des plantes, et il est arrivé ainsi à reconnaître entre les deux des rapports constants pour chaque climat, mais dont l'effet total diffère d'un lieu à l'autre, par cela seul que les circonstances n'y sont plus les mêmes. Voici le résumé succinct de ses observations et de ses énoncés à ce sujet.

Les phases successives de la végétation d'une plante sont marquées par le développement de ses organes. Dans la tige et ses ramifications, le développement des mérithalles ou entre-nœuds, qui en sont les éléments constitutifs, est déterminé par une somme de température à peu près égale pour la même espèce végétale et pour les rameaux placés de la même manière sur l'individu. Il peut se développer un nombre indéterminé de mérithalles ne portant que des feuilles, sans que la plante arrive à sa floraison, et ce nombre varie selon les climats et les années. La floraison et le nombre des mérithalles développés avant qu'elle ait lieu sont regardés par le comte de Gasparin comme dépendant essentiellement de l'état de la séve, plus ou moins abondante, plus ou moins épaissie; cette idée un peu hasardée aurait besoin d'être appuyée sur des faits, et non sur de simples inductions hypothétiques. Toutefois il semble permis d'en prendre l'énoncé comme une manière particulière d'expliquer les observations. A ce point de vue, on peut admettre, avec ce savant agriculteur-météorologiste, que les circonstances extérieures qui influent sur cet état de la séve, ou plus exactement sur le développement des plantes, se reproduisant les mêmes, dans le même climat et dans la moyenne des années, il en résulte qu'elles fleurissent assez régulièrement, après avoir produit le même nombre de mérithalles, et qu'ainsi on peut calculer, pour

[1] Influence de la chaleur sur les progrès de la végétation, par le comte DE GASPARIN. (*Comptes rendus*, XL, 1855, p. 1089-1097.)

un climat donné, la somme des degrés de chaleur qui amènent la floraison sous ce climat; sans que cette même somme soit applicable sous un climat différent, où le nombre des mérithalles n'est plus le même. La fructification et la maturation étant des conséquences de la floraison, la somme de chaleur qui les détermine est aussi variable d'un climat à l'autre. La radiation solaire, qui est encore un facteur important de la végétation, étant aussi à peu près la même, dans le même climat, d'une année à l'autre, en l'ajoutant à la températarature de l'air, on ne change pas le rapport des sommes de température; mais on le change lorsqu'on passe d'un climat à un autre. Ce calorique, ajouté à la température de l'air, doit entrer, dit le comte de Gasparin, en ligne de compte pour déterminer la possibilité d'une culture dans un lieu donné.

L'étude attentive de cas particuliers en grand nombre sera le meilleur moyen auquel on puisse recourir pour arriver à la solution rigoureuse de la question générale dont il s'agit en ce moment; aussi doit-on savoir gré à M. Ch. Martins d'avoir fait une de ces études spéciales avec toute l'attention qu'elle méritait. C'est le *Nelumbium speciosum*, cultivé dans le jardin botanique de Montpellier, qui a été le sujet de ses observations [1]. Comme cette espèce est aquatique, et qu'après avoir passé sous l'eau la première partie de son existence elle développe des feuilles, les unes nageantes, les autres aériennes, de même que ses fleurs, elle subit l'action des deux milieux qui l'entourent; dès lors il a fallu déterminer pour l'un et l'autre de ces deux milieux la somme de chaleur en vertu de laquelle ils agissent. M. Martins a reconnu que, pendant la période purement aquatique de son existence, le *Nelumbium* avait reçu 474° de température efficace, c'est-à-dire supérieure à 10°. La plante s'étant mise en végétation le 12 avril, sa période aquatique a duré jusqu'au 9 juin, c'est-à-dire près de deux mois. A partir du 10 juin,

[1] Note sur la somme de chaleur efficace nécessaire à la floraison du *Nelumbium speciosum*, par M. Ch. Martins. (*Bulletin de la Société botanique de France*, IV, 1857, p. 652-657.)

ses feuilles ont commencé, les unes à flotter à la surface de l'eau, les autres à s'élever hors de ce liquide. Depuis le commencement de cette seconde période jusqu'à la floraison, c'est-à-dire pendant son existence à la fois aquatique et aérienne, elle a subi l'influence de 451° efficaces ; le total des températures efficaces qu'elle a reçues ainsi s'est élevé à 925°. D'un autre côté, si l'on fait aux chiffres de températures moyennes efficaces l'application des méthodes proposées par M. Quételet, d'un côté, par M. Babinet, de l'autre, on arrive à des expressions très-différentes, qui sont 9 256° pour le premier de ces savants, 45 152° pour le second. « Quelle est, dit « M. Martins, celle de ces trois méthodes qu'il faut adopter? L'expérience seule peut en décider. » Ce savant annonçait avoir le projet de continuer ses observations pendant plusieurs années, afin de se fixer à cet égard; mais il ne paraît pas que ce projet ait été réalisé par lui jusqu'à ce jour; du moins aucun nouveau mémoire n'est venu, que nous sachions, en faire connaître la réalisation.

L'action de la température des milieux ambiants sur les végétaux fait naître une question qui a beaucoup préoccupé les physiologistes et les physiciens : dans le cours de leur existence, ces êtres n'ont-ils pas d'autre chaleur que celle qu'ils reçoivent ainsi de l'extérieur, ou bien, au contraire, les élaborations diverses qui s'opèrent dans la profondeur de leurs tissus donnent-elles lieu à une production de chaleur assez prononcée pour amener en eux une certaine indépendance calorifique, en d'autres termes, pour leur constituer une caloricité propre? L'expérience pouvait seule éclairer à ce sujet, et cette expérience elle-même dépendait beaucoup de la méthode suivie, quant à la légitimité des conclusions qui pouvaient en être tirées. J. Hunter ouvrit la voie, en 1775, par des observations intéressantes, mais faites avec des instruments peu perfectionnés, et par une méthode qui était si peu irréprochable que, comme le dit Meyen, toutes les conclusions qu'il en tirait pouvaient être aisément contredites. Le résultat général de ses expériences

fut que les végétaux possédaient une chaleur propre. Peu de temps après lui, Bierkander, qui observait en Suède, J.-D. Schœpf, qui faisait ses expériences dans l'Amérique du Nord, par une méthode extrêmement défectueuse, Maurice et Pictet, de Genève, et, dans le cours de ce siècle, Salomé, Hermbstædt, même, en 1839, Dutrochet, ont partagé l'idée fondamentale de Hunter et admis la chaleur propre des végétaux; ils ont expliqué par là pourquoi un thermomètre enfoncé profondément dans un tronc d'arbre, par exemple, accuse une température plus haute en hiver et plus basse en été que celle de l'air ambiant. Au contraire, de Candolle a donné une explication différente de cette inégalité entre la température intérieure des végétaux et celle qui leur est extérieure, dans l'atmosphère. D'après lui, l'existence d'une caloricité propre n'est nullement nécessaire pour rendre compte de ce fait, car la séve puisée par les racines dans le sol est plus chaude que l'air pendant l'hiver, plus fraîche que lui pendant l'été; elle réchauffe donc le végétal par la chaleur qu'elle lui apporte pendant la première de ces saisons, tandis qu'elle le rafraîchit pendant la dernière. La température qui lui est ainsi communiquée se conserve d'autant plus aisément que toute la structure des tiges est disposée de manière à en faire de mauvais conducteurs dans le sens horizontal. Cette explication est ingénieuse; toutefois le célèbre botaniste a oublié, en la proposant, la difficulté qui résulte de ce qu'en hiver, c'est-à-dire dans la saison pendant laquelle une chaleur propre intérieure aurait le plus d'utilité pour les plantes, la circulation de la séve est entièrement ou presque entièrement suspendue dans le plus grand nombre de ces êtres, et que, dès lors, les liquides, n'étant pas ou presque pas puisés dans le sol, ne peuvent réchauffer les organes.

Tel était l'état de la question au commencement de la période à laquelle correspond ce rapport. Il a subi depuis cette époque des modifications et des améliorations très-notables, grâce aux expériences suivies et rigoureuses de deux physiciens français, dont les

travaux ont essentiellement contribué à fixer la science sur ce point, et doivent dès lors nous arrêter quelques instants.

Dans un mémoire intéressant à tous égards[1], M. Rameaux, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, a rapporté les résultats d'expériences nombreuses qu'il avait faites avec plus de soin et en prenant des précautions mieux raisonnées que la généralité de ses devanciers. Sa méthode consistait à percer, dans le tronc et dans les branches des arbres, des trous dirigés obliquement vers le bas et pénétrant plus ou moins profondément dans la masse ligneuse. Dans chacun de ces trous, qui étaient tous dirigés du nord au sud, il introduisait un thermomètre à mercure dont la tige, portant la graduation, passait à frottement dur dans un trou du bouchon avec lequel ce creux était fermé. Le tout était mastiqué soigneusement de manière à exclure toute intervention de l'air extérieur. Le réservoir de l'instrument ne touchait nulle part au bois. Pour y lire la température, on en tirait à soi la tige, qu'on enfonçait ensuite de nouveau. Environ deux mille observations ont été faites de cette manière; les conclusions qui en ont été déduites paraissent mériter pleine confiance.

D'après M. Rameaux, les températures végétales pouvant être dues soit à des actions organiques, soit à des influences météorologiques, celles qui peuvent avoir la première de ces deux origines ne se manifestent que dans les parties jeunes, molles ou herbacées, et s'y montrent même avec si peu d'énergie que les instruments les plus délicats et les précautions les plus minutieuses sont nécessaires pour les dévoiler. Ce sont donc uniquement les influences météorologiques auxquelles peuvent être attribués les effets calorifiques offerts par les troncs, les branches et, en somme, par la masse entière des végétaux ligneux. En général, dans un arbre on observe, à un instant quelconque, autant de températures différentes qu'il existe de points accessibles aux sources calo-

[1] Des températures végétales, par M. Rameaux. (*Annales des sciences naturelles*, 2e série, XIX, 1843, p. 5-35.)

rifiques extérieures. La somme de toutes ces températures ou la chaleur de l'arbre dans son ensemble augmente avec la température ambiante et diminue en même temps qu'elle. Les variations en sont plus rapides et plus grandes dans les couches superficielles que dans les couches profondes, et aussi dans les parties grêles que dans celles d'un plus fort diamètre. Il s'ensuit que, pendant le jour, la température d'un arbre décroît de la surface au centre, tandis que l'inverse a lieu pendant la nuit. Le matin et le soir, au moment où l'une de ces répartitions de températures tend à remplacer l'autre, on les rencontre simultanément sur le même arbre; ainsi, quelque temps après le lever du soleil, la température décroît à partir de la surface jusqu'à une certaine profondeur au delà de laquelle elle devient croissante jusqu'au centre. Cette répartition interne est ce qui reste de celle de la nuit, et l'externe est la répartition diurne qui est en voie de s'établir. L'arrangement inverse a lieu quelque temps après le coucher du soleil. Lorsque, par exception, la nuit est plus chaude que le jour, elle amène une répartition de températures semblable à celle qui habituellement a lieu pendant le jour. Quelque gros que soit un arbre, ses parties centrales ont des températures dont la marche est analogue à celle de l'air ambiant, mais qui sont en retard sur celle-ci de quinze, vingt, vingt-quatre heures et même davantage pour des troncs d'un fort diamètre. L'action des rayons solaires est certainement la cause la plus puissante des températures végétales, et ce qui, outre les faits précédents, achève d'en donner la preuve, c'est que des écrans placés devant une branche, par exemple, en empêchent le réchauffement au-dessus de la température de l'air, d'autant plus qu'ils sont plus grands ou plus épais.

On a vu que de Candolle attribuait à la séve puisée dans le sol l'influence principale, sinon même unique sur le réchauffement pendant l'hiver et le rafraîchissement pendant l'été de l'intérieur des végétaux. M. Rameaux regarde cette influence comme réelle, et il en voit la preuve dans ce fait, qu'un arbre ébranché a pris, le

jour de l'opération et les jours suivants, une température centrale supérieure de sept, huit et même dix degrés à celle qu'il prenait auparavant, sous des influences extérieures égales, par cela seul que la suppression de ses branches feuillées, en anéantissant la transpiration, avait rendu presque nul le courant de séve qui lui avait apporté jusqu'alors la température fraîche du sol. L'effet contraire, c'est-à-dire le réchauffement par la séve pendant les temps froids, est beaucoup plus obscur; toutefois M. Rameaux pense qu'il peut se produire, dans une certaine mesure, et il en voit la preuve dans cette circonstance, que, si la chaleur des arbres tend à s'abaisser au-dessous de celle du sol, cet abaissement est, en général, plus prompt et plus considérable dans les arbres morts ainsi que dans les arbres ébranchés, qu'il ne l'est dans ceux de la même taille qui sont vivants et entiers.

A une date récente, M. Becquerel a repris la question des températures végétales, en appliquant à la détermination qu'il en faisait un instrument d'une extrême sensibilité, le thermomètre électrique, et des méthodes, des dispositions certainement beaucoup plus rigoureuses et plus sûres que celles de ses devanciers. Poursuivies pendant plusieurs années, ces observations semblent l'avoir conduit à résoudre complétement la question qu'il traitait; elles lui ont fourni la matière de plusieurs mémoires qui ont été communiqués par lui successivement à l'Académie des sciences, qui ensuite ont été réunis et complétés dans un travail général très-considérable[1]. Ce grand ensemble de recherches a fourni une confirmation expérimentale très-précise des données qu'on vient de voir indiquées d'après les travaux de M. Rameaux, en y ajoutant un certain nombre d'indications ou plus nettes ou nouvelles, en les appuyant d'ailleurs sur un nombre considérable de faits bien observés. Dans l'état où il a conduit la science sur ce point, il est

[1] Recherches sur la température des végétaux et de l'air, et sur celle du sol à diverses profondeurs, par M. Becquerel. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, XXXII, 1864, p. 3-268, pl. I-V.)

parfaitement établi que la température moyenne annuelle des végétaux est la même que celle de l'air, avec cette seule différence, résultant de la nature même des choses, que les végétaux participent aux variations diurnes de la température de l'air en raison de la grosseur de leur tige. Il est donc incontestable que l'atmosphère est la source principale de la chaleur des plantes. Toutefois M. Becquerel reconnaît que cette chaleur paraît être influencée, d'un côté par celle qui est dégagée dans les réactions chimiques opérées dans la profondeur des tissus, d'un autre côté par la température du sol où les racines vont puiser les matériaux de la séve, « sans qu'on sache encore, dit-il, comment, en hiver, lorsque le « mouvement ascensionnel de la séve est presque suspendu, la « température des parties inférieures du sol peut intervenir pour « diminuer le refroidissement, quand la température extérieure est « au-dessous de zéro. »

Au milieu de l'air, le maximum de température a lieu, en hiver, vers deux heures de l'après-midi; en été, vers trois heures; dans les arbres, ce maximum est retardé suivant la grosseur du tronc, à cause de l'espace de temps plus ou moins considérable qu'exige la transmission du calorique à travers les couches différentes dont il est composé. Par exemple, dans des troncs de trois ou quatre décimètres d'épaisseur, le maximum arrive, en hiver, vers neuf heures du soir; en été, vers minuit. Quand la température s'abaisse au-dessous de zéro, dans l'air, les végétaux résistent plus ou moins longtemps au refroidissement, ainsi qu'au réchauffement qui suit le dégel, sans qu'on puisse attribuer cet effet à la mauvaise conductibilité du bois. Si le froid se prolonge pendant plusieurs mois, la température s'abaisse peu à peu dans les arbres, mais en restant toujours plus élevée d'un demi-degré à un degré que celle de l'air.

Les résultats généraux qui viennent d'être exposés ont été obtenus presque en totalité sous un climat tempéré, celui de Paris. Il n'est pas sans intérêt d'y rattacher l'indication de quelques faits

particuliers constatés sous un climat très-rigoureux, où les gelées sont assez intenses pour déterminer la congélation du mercure. Les observations faites par un voyageur-botaniste français, M. Bourgeau, sous le cinquante-deuxième degré de latitude, dans les possessions anglaises de l'Amérique septentrionale, en 1857 et 1858, près du fort Calton sur le Ketchewan, ont permis à M. Becquerel de reconnaître l'influence capitale de la température de l'air, dans ces conditions exceptionnelles[1]. Là, de novembre 1857 à juin 1858, la température moyenne de l'air et celle d'une espèce d'arbre qui avait été choisie pour sujet des expériences, le *Populus balsamifera*, ont été les mêmes, à quelques centièmes de degré près. Les températures mensuelles moyennes ont été aussi à fort peu près les mêmes de part et d'autre, bien qu'il y ait eu de très-grandes différences entre les températures maxima et minima. Un fait qui mérite d'être signalé, c'est que les fleurs se sont montrées sur ces arbres quand l'air est arrivé à + 13°,37; or, à ce même moment, il gelait encore dans le sol, à 609 et 913 millimètres de profondeur. De même les feuilles se sont développées dans les premiers jours du mois de juin, lorsque les couches de terre dans lesquelles s'étendaient les racines se trouvaient encore à zéro. Ces faits sont en harmonie avec ceux qui ont déjà mis en évidence l'influence locale de la chaleur sur les parties de végétaux qui la subissent (voyez p. 116).

2° *Lumière.* Il n'est pas même besoin de dire, tant ce fait est connu de tout le monde, que la lumière solaire exerce une puissante influence sur la végétation; toutefois, s'il est facile de constater cette influence dans la marche générale de la nature, il est plus difficile d'en mettre les effets en évidence par des observations comparatives, surtout d'en mesurer rigoureusement l'intensité. Le comte de Gasparin s'est attaché à lever cette double diffi-

[1] De la température des végétaux et du sol dans le nord de l'Amérique septentrionale, par M. Becquerel. (*Comptes rendus*, L, 1860, p. 507-510.)

culté[1]. Ses expériences simultanées sur différents pieds d'une même espèce végétale ont été faites de deux manières un peu dissemblables. Il a d'abord observé trois Mûriers, dont l'un était exposé au soleil de tous les côtés, dont le deuxième ne recevait les rayons solaires que jusqu'à midi, dont le troisième se trouvait entièrement à l'ombre. Il a déterminé la quantité de matière sèche que renfermaient les feuilles de ces arbres après s'être formées dans ces trois situations différentes; il a reconnu qu'elle était, relativement au poids de l'organe entier, dans la proportion de 0,45 pour le premier, de 0,36 pour le second, de 0,27 pour le troisième. Plus tard, il a établi au milieu d'une planche de Fèves une cloison qui en mettait la moitié entièrement à l'abri du soleil. Bien que celles de ces plantes qui étaient venues à l'ombre eussent pris beaucoup plus de développement que les autres, la matière sèche n'y a pas dépassé $0^{kil},337$ dans un nombre déterminé de pieds, tandis qu'elle s'est élevée à $0^{kil},581$ dans un nombre égal de ceux qui avaient crû au soleil.

Il est évident que cette influence de la lumière solaire sur la végétation est l'effet total et définitif de deux actions distinctes, celle de la lumière proprement dite et celle de la chaleur qui l'accompagne. Il n'a pas été fait en France, du moins à notre connaissance, de recherches suivies ayant pour objet spécial d'apprécier la première de ces deux actions en l'isolant de la seconde; quant à l'intensité calorifique de la radiation solaire, les physiciens se sont attachés à la déterminer; ils ont même imaginé des instruments destinés à cet usage, comme la boîte fermée par des verres dont se servait B. de Saussure, le pyrhéliomètre de M. Pouillet, etc. C'est même à la description d'un nouvel instrument de ce genre et à l'indication des résultats différents qu'il a donnés, soit pour chacun des mois de l'année, soit dans trois localités fort dissemblables (Versailles, Orange, Grand Saint-Bernard), que le comte de

[1] Mémoire sur la radiation solaire et ses effets sur la végétation, par le comte DE GASPARIN. (*Comptes rendus*, XXXVI, 1853, p. 974-980.)

Gasparin consacre particulièrement le mémoire dont il s'agit en ce moment. On sent dès lors que ce travail, malgré son intérêt, ne peut nous arrêter plus longtemps, tant il sort du domaine de la physiologie végétale pour entrer dans celui de la physique du globe.

Le résultat le plus frappant et le plus directement appréciable que produise la lumière en éclairant les plantes, c'est de les verdir en déterminant la formation de la chlorophylle dans le parenchyme de leurs feuilles et de leurs organes herbacés, en général; mais est-elle capable d'amener ce verdissement, de quelque source qu'elle provienne? M. Hervé-Mangon s'est posé cette question intéressante, et, pour la résoudre, il a cherché à reconnaître comment agirait sur des plantes venant de naître à l'obscurité, par conséquent étiolées ou dépourvues de matière verte, la vive lumière de l'électricité produite dans une lampe à charbons par une puissante machine magnéto-électrique[1]. Cet éclairage agissant sur les jeunes feuilles décolorées pendant cinq jours, et durant onze à douze heures chaque jour, a déterminé en elles une formation de chlorophylle suffisante pour leur donner une belle verdure. En même temps ces jeunes plantes se sont fortement inclinées vers la lampe électrique, comme elles le font habituellement pour se porter vers la lumière solaire, quand elle ne leur arrive que d'un côté. L'action de la lumière électrique a donc été semblable à celle qu'exerce journellement sous nos yeux la lumière du soleil. C'est là un fait intéressant, et on doit savoir gré à M. Hervé-Mangon d'en avoir enrichi la science.

3° *Électricité.* On est généralement convaincu que l'électricité influe sur la marche de la végétation; mais dans quel sens et à quel degré? C'est ce qu'il semble assez difficile de dire. En 1832, de Candolle écrivait, pour résumer la discussion à laquelle il s'était livré sur ce sujet : « Il me paraît probable que l'électricité excite, « à certaines doses, la vie végétale, et accélère, dans des circons-

[1] Production de la matière verte des feuilles sous l'influence de la lumière électrique, par M. Hervé-Mangon. (*Comptes rendus*, LIII, 1861, p. 243-244.)

« tances données, la succion et l'évaporation. Mais ce sujet aurait « besoin d'être éclairé par des expériences précises, dirigées par un « physicien accoutumé aux phénomènes de la vie végétale. » Depuis cette époque, l'état de la science est resté à fort peu près le même sous ce rapport, et M. Julius Sachs a pu dire, dans son Manuel de botanique physiologique publié à Leipzig, en 1865 : « Quoique les « plantes soient constamment soumises aux variations électriques « du sol et de l'air..... nous ne savons pas du tout si ces circons-« tances influent sur l'assimilation, sur les transports et modifi-« cations de substance, sur le développement, etc. » Il existe donc à cet égard une lacune qui ne pourra être comblée que par des physiologistes familiarisés avec les appareils et les procédés de la physique, ou par des physiciens moins étrangers qu'ils ne le sont fréquemment à la connaissance de la physiologie.

Si les rapports des végétaux avec l'électricité extérieure sont restés presque inconnus, il n'en a pas été de même de la production de ce fluide dans l'intérieur même de ces organismes pendant leur existence, ni de la marche qu'il suit dans leurs diverses parties. Ce sujet, en majeure partie physique, mais qui n'est cependant pas sans quelques relations avec l'histoire de la vie végétale, a été traité avec soin par M. Becquerel; ce savant en a fait l'objet de recherches suivies, basées sur l'emploi des appareils les plus sensibles, et dont il a exposé la marche ainsi que les résultats dans deux mémoires[1].

D'après ce physicien, les actions chimiques sont certainement les causes premières des effets électriques qu'on observe dans les végétaux, et ces effets sont assez variés pour qu'on ne puisse en

[1] Recherches sur les causes du dégagement de l'électricité dans les végétaux, par M. Becquerel. (*Comptes rendus*, XXXI, 1850, p. 633-635; *Mémoires de l'Institut*, XXIII, 1853, p. 35-66.) — Mémoire sur les effets électriques produits dans les tubercules, les racines et les fruits, lors de l'introduction d'aiguilles galvanométriques en platine, par le même. (*Comptes rendus*, XXXII, 1851, p. 657-663; *Mémoires de l'Institut*, XXIII, 1853, p. 301-337, avec 1 planche.)

reconnaître encore qu'un petit nombre. Parmi ces effets, ceux que M. Becquerel a pu constater sont : d'abord, des courants dérivés dont les uns se portent du parenchyme cortical à la moelle, tandis que d'autres suivent une direction inverse; en second lieu, des courants qui vont de la moelle et du corps ligneux à l'écorce, par l'intermédiaire des racines. «Ces derniers courants montrent, dit cet observateur, que, dans l'acte de la végétation, la terre prend continuellement un excès d'électricité positive, le parenchyme de l'écorce et une partie du corps ligneux un excès d'électricité négative, qui est transmis à l'air au moyen des vapeurs d'eau exhalée. La distribution de la séve ascendante et du liquide du parenchyme cortical porte à croire qu'il circule continuellement dans les végétaux des courants dirigés de l'écorce à la moelle, en passant par les racines et la terre, et peut-être sans passer par ces intermédiaires.»

Parmi les tubercules, c'est spécialement la Pomme de terre que M. Becquerel a examinée. Cette formation remarquable est, comme on le sait, le résultat d'une modification qui s'est opérée dans une branche souterraine; elle présente aussi les zones concentriques qui entrent dans la constitution des branches ordinaires, avec cette différence que les parties parenchymateuses y ont pris un accroissement considérable, tandis que les parties fibro-vasculaires y ont été réduites à un très-haut degré. Or les effets électriques concordent avec cette organisation : la zone sous-épidermique est toujours positive à l'égard des parties plus centrales; celles-ci le sont ensuite de moins en moins jusqu'au centre, qui est la partie la plus négative. La Pomme de terre se comporte donc, conclut M. Becquerel, de même que le système cortical d'une tige ligneuse. Il en est ainsi également pour la Carotte et pour la Betterave, tandis que le contraire a lieu dans les tubercules du *Tropæolum tuberosum* et de l'*Ullucus*, dont la portion centrale est positive relativement aux parties qui l'environnent, et ainsi de suite, de dedans en dehors, jusqu'à l'épiderme. Dès lors ces derniers tubercules se compor-

tent comme le système ligneux d'une tige dicotylédonée. Ces divers effets électriques ont une durée assez courte; ils sont d'ailleurs « tellement complexes, dit M. Becquerel, qu'il faut bien se garder « d'en tirer des conséquences sur le rôle que peut jouer l'électricité « dans les fonctions organiques, c'est-à-dire dans les phénomènes « de la vie. » Ce dégagement d'électricité a pour cause première l'hétérogénéité des différents sucs qui se trouvent dans les tissus, ainsi que les altérations qu'ils éprouvent sous l'influence des agents extérieurs et pour d'autres motifs qui nous échappent. On voit donc que ces faits ont un intérêt moins direct pour la physiologie végétale que pour la physique elle-même, et qu'ils marquent l'extrême limite jusqu'à laquelle on peut poursuivre l'examen des phénomènes qui s'accomplissent pendant la vie des plantes.

## CHAPITRE IV.

### ORGANOGÉNIE.

Prise dans le sens propre et large de sa dénomination, l'organogénie végétale est l'histoire du développement des plantes considérées dans chacune des parties qui les constituent. Elle n'est donc que l'une des faces des études physiologiques, et par conséquent elle aurait pu être rattachée, dans ce Rapport, à certaines divisions du chapitre précédent, spécialement à celle qui traite de l'accroissement. Mais, dans ces derniers temps, l'usage s'est établi, parmi les botanistes, de restreindre notablement la signification de ce mot et de ne l'appliquer guère qu'à l'étude des phases successives par lesquelles passe l'évolution des divers organes dont la réunion compose la fleur. Sans être universellement adopté, cet usage a prévalu; il a conduit les botanistes à isoler en général l'organogénie de la physiologie, dont elle n'est pourtant qu'un simple démembrement et en quelque sorte une émanation. Nous suivons ici leur exemple; nous avons déjà exposé, dans les articles relatifs à l'accroissement et à l'embryogénie, les progrès accomplis par la science française relativement à la connaissance du développement de l'axe végétal, des feuilles et de l'embryon; il nous reste donc à présenter, dans le présent chapitre, le relevé de ceux qu'elle a faits touchant l'histoire de la formation graduelle des organes floraux.

1° *Ovule.* Parmi les parties très-diverses de configuration et de rôle physiologique dont la réunion compose la fleur, il importe d'établir une distinction au point de vue de l'histoire de l'organogénie. L'une d'elles, en effet, celle qui est destinée à devenir plus tard la graine, c'est-à-dire l'ovule contenu dans la cavité de l'ovaire, a fixé la première et de très-bonne heure l'attention des bo-

tanistes, en raison de l'importance majeure de sa destination. Son organisation complexe, les changements de situation relative que subissent ses points les plus importants pendant le cours de sa formation graduelle, étaient bien faits pour piquer la curiosité; mais, d'un autre côté, les obstacles que font naître devant l'observateur la petitesse de ses parties et la délicatesse de leurs tissus, par suite la difficulté des préparations qui seules peuvent éclairer sur sa structure intime, ont rendu fort lents, pendant longtemps, les progrès des connaissances à son sujet. Dès 1672 Grew, en Angleterre, dès 1675 Malpighi, en Italie, avaient reconnu qu'un ovule n'est pas une masse continue et uniforme de substance, mais qu'il offre des sortes d'enveloppes rattachées à une base commune, et dont l'externe fut vue par eux percée d'une ouverture non accidentelle, mais inhérente à la constitution ovulaire.

Rien de précis ni de tant soit peu important ne fut ajouté à ces premières notions jusqu'aux premières années du XIX<sup>e</sup> siècle. C'est alors, en 1806, que Turpin fit faire un pas rétrograde bien plutôt qu'un progrès à la science sous ce rapport, en avançant que l'ouverture du tégument ovulaire externe, appelée par lui *Micropyle*, ne se forme que lorsque vient à se détacher sur ce point un cordon de vaisseaux destinés à servir de conducteurs à la matière fécondante. Une pareille erreur matérielle ne pouvait que retarder le développement des connaissances relatives à l'ovule; elle fut partagée par l'un de nos botanistes les plus célèbres, Aug. Saint-Hilaire, qui néanmoins, en 1815, signala ce fait important, que la radicule de l'embryon, lorsque la fécondation lui a donné naissance, est toujours dirigée vers le micropyle. Mais rien de général n'était encore acquis à cette époque relativement à la constitution essentielle de l'ovule dans l'ensemble du règne végétal, lorsque, en 1818, Thomas Schmidt, botaniste distingué et habile observateur de Copenhague, s'assura sur de nombreuses espèces que l'existence de deux téguments ovulaires, percés chacun d'une ouverture, ainsi que la correspondance exacte de ces ouvertures, soit

entre elles, soit avec le sommet d'une masse centrale close, étaient les caractères habituels de cette formation. Malheureusement il ne publia pas les importants résultats de ses observations, dont on doit seulement la connaissance à Rob. Brown (qui écrit le nom de ce savant *Smith*).

Le travail de Schmidt n'ayant pas été publié, c'est à Rob. Brown qu'il faut reporter l'origine des saines notions que possède aujourd'hui la science au sujet de l'ovule et de sa constitution. Dans son beau mémoire sur le *Kingia*, qui fut lu à la Société Linnéenne de Londres en novembre 1825, et publié en 1827 dans le récit du voyage du capitaine King, il décrivit avec soin l'ovule de cette plante en le prenant comme point de départ pour l'exposé de la constitution ovulaire considérée en général. Il établit notamment l'existence des ouvertures ovulaires et le rapport de direction qu'offre avec elles la radicule de l'embryon, la situation constante du raphé sur le côté de l'ovule qui regarde le placenta, sauf dans quelques cas exceptionnels qu'il signala et dont il donna l'explication; enfin il fit remarquer qu'on ne pouvait déduire de l'état ni du nombre des téguments de la graine mûre aucune donnée précise relativement à l'organisation que l'ovule avait pu présenter sous les mêmes rapports, et il attribua les erreurs commises par ses prédécesseurs surtout à ce qu'ils avaient suivi cette marche défectueuse.

Fort peu de temps après la publication du mémoire sur le *Kingia* parut en France le grand et beau travail de M. Ad. Brongniart sur la fécondation[1], dans lequel un chapitre (ch. IV) traite spécialement de la structure de l'ovule avant qu'il ait subi l'action du pollen. On y trouve la description détaillée des ovules de différentes plantes, l'indication précise d'ovules à un seul tégument, une appréciation exacte des rapports de situation entre les différentes parties constitutives de ces formations, etc. M. Brongniart fit faire ainsi à la science un grand pas sous ce rapport.

[1] Mémoire sur la génération, etc. par M. Ad. Brongniart. (*Annales des sciences naturelles*, 1re série, XII, 1827, p. 14-53, 147-172, 225-296, pl. 34-44.)

Robert Brown avait posé des bases solides pour la connaissance de l'ovule végétal; mais, fidèle à ses habitudes d'extrême concision, il s'était contenté de publier un court exposé qui n'avait certainement pas épuisé la matière. Il avait en particulier passé sous silence l'histoire du développement qui peu à peu fait passer cette formation, indispensable pour la perpétuité des espèces, de l'état d'un simple et très-petit corps constitué par un parenchyme continu et homogène, à la complexité d'organisation qui la distingue au moment où, dans la fleur adulte, elle va subir l'influence du tube pollinique. C'est particulièrement à tracer cette histoire que, presque à la même époque, s'attacha Mirbel, dans un remarquable mémoire, que suivent, sous le titre d'*Additions*, des observations très-nombreuses montrant, en texte et figures, sur différentes espèces végétales, les phases successives par lesquelles passe l'ovule, depuis sa naissance jusqu'à son état adulte[1]. Un petit nombre d'erreurs se glissèrent dans ce travail vraiment fondamental, en particulier quant aux ouvertures tégumentaires, qui reçurent de Mirbel les noms d'*Exostome* et *Endostome*, et qu'il crut provenir d'une rupture dans chacun de ces deux téguments, qualifiés par lui de *Primine* et *Secondine;* mais, malgré ces légères taches, ces études sur l'ovule n'en sont pas moins restées la véritable base de toutes les connaissances modernes sur ce sujet.

Les travaux de Rob. Brown, de M. Ad. Brongniart et de Mirbel avaient assez avancé la science relativement au sujet dont il s'agit en ce moment pour qu'il n'y ait eu guère, après ces auteurs, qu'à y apporter des perfectionnements de détail. Parmi les botanistes qui ont le plus contribué à ces perfectionnements, nous citerons, en Allemagne, M. Schleiden, qui, en 1837, dans les Archives de Wiegmaan (*Einige Blicke auf die Entwickelungsgeschichte des vegetabilischen Organismus*, 31 pages, 1 planche), surtout en 1839, dans

[1] Nouvelles recherches sur la structure et les développements de l'ovule végétal, par Mirbel. (*Mémoires de l'Institut*, X, 1830, pages 609-684, avec 10 planches.)

les Actes de l'Académie des Curieux de la nature (*Ueber Bildung des Eichens*, 30 pages, 6 planches), a publié de nombreuses observations bien faites; en France, M. Decaisne, qui, en 1839, a porté toute son attention sur le développement de l'ovule dans le Gui et dans les *Thesium*. Mais, on le voit, tous ces travaux, les plus importants parmi ceux dont les ovules végétaux ont été l'objet, remontent au delà de la série d'années à laquelle est limité ce Rapport. Depuis cette époque, aucun botaniste français n'a cherché, que nous sachions, dans cette partie des végétaux, la matière d'un travail spécial; il faut néanmoins excepter M. J.-E. Planchon, qui, dans sa thèse citée plus haut (voyez p. 43), a exposé avec soin le développement des ovules du *Veronica hederæfolia* L. et des espèces voisines, mais en les considérant surtout après la floraison, afin de montrer que la structure singulière de la graine de ces plantes est due à un accroissement exagéré du sac embryonnaire, qui, après s'être fait jour à travers la nucelle déchirée, vient s'épanouir à l'extérieur en une sorte de grand bouclier concave. Il est juste aussi de mentionner à ce propos une note intéressante de M. Barnéoud[1] dans laquelle il est question du développement de l'ovule dans le *Schizopetalon Walkeri*, Crucifère singulière par certains de ses caractères, notamment par son embryon, dont les deux cotylédons sont divisés chacun en deux segments linéaires assez profondément pour que ce botaniste lui ait assigné, après M. Rob. Brown, quatre cotylédons distincts et séparés.

Sans doute, d'un autre côté, presque tous les mémoires qui ont été publiés sur l'organogénie florale renferment des observations sur les ovules des fleurs qui y sont étudiées; mais nous ne pourrions songer à indiquer ici les particularités presque toujours isolées qu'ils ont ainsi fait connaître, sans entrer dans des détails minutieux, qui seraient peu à leur place dans ce Rapport et dont

[1] Mémoire sur le développement de l'ovule et de l'embryon dans le *Schizopetalon Walkeri*, par M. M. Barnéoud. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, V. 1846, p. 77-83, pl. 3.)

il serait d'ailleurs impossible de suivre l'exposé sans le secours de nombreuses figures.

2° *Verticilles floraux.* L'étude du développement de la fleur considérée quant aux organes divers qu'elle réunit ou à ses verticilles, c'est-à-dire l'organogénie florale proprement dite, ou, comme on l'a nommée quelquefois, l'*anthogénie*, n'a été étudiée qu'à une époque encore peu éloignée. C'est en France qu'elle a été abordée pour la première fois, qu'elle a fait ensuite des progrès rapides, enfin qu'elle a pris tout son développement. Le premier écrit spécial dont, à notre connaissance, elle ait fourni le sujet, remonte seulement à l'année 1835. C'est une thèse pour le doctorat ès sciences naturelles qui fut soutenue à Lyon par M. A. Guillard, et qui porte le titre suivant : *Sur la formation et le développement des organes floraux* (in-4° de 16 pages et 3 planches). Cet écrit comprend quatre pages de propositions sans développements, formant comme le programme de la thèse que le candidat devait soutenir, et une explication parfois assez détaillée des figures au trait que réunissent les trois planches. Il a été réimprimé par son auteur, à la date de quelques années, absolument tel qu'il avait paru en 1835. Les plantes qui en ont fourni les éléments sont : le Pois (*Pisum sativum* L.), le *Lathyrus latifolius* L., le Pavot ordinaire (*Papaver somniferum* L.), le *Statice armeria* L., les *Iris xiphium* L., *variegata* L., *halophila*. Ces types étaient évidemment trop peu variés pour fournir des données tant soit peu générales; toutefois, bien que l'auteur ait fait rarement remonter ses observations au premier âge des organes et qu'il ne semble pas en avoir suivi assez graduellement la formation, il lui reste le mérite, toujours considérable, d'avoir donné l'exemple et d'avoir ouvert la voie.

Dès 1840, M. Duchartre commença ses publications sur l'organogénie florale par une thèse pour le doctorat ès sciences naturelles, dans laquelle il envisageait l'ordre d'apparition des verticilles de la fleur, ce qu'il nomme leur développement relatif, et la marche que suit chacun d'eux depuis sa naissance jusqu'à son état

parfait, ce qu'il qualifie de développement absolu[1]. A partir de ce moment, il porta son attention sur l'histoire organogénique de la fleur dans des types dissemblables, de manière à pouvoir déduire des conclusions générales de l'ensemble de ses observations.

Se préoccupant de la théorie publiée peu auparavant en Allemagne par M. Schleiden, théorie d'après laquelle les ovaires infères seraient formés par l'axe lui-même, creusé d'autant de cavités ovulifères qu'on y compte de loges, il chercha dans l'examen du développement et de la structure de l'ovaire de l'*Œnothera suaveolens* des arguments pour ou contre cette manière de voir[2]. Il crut pouvoir conclure de ses recherches que, du moins dans cette plante, l'ovaire infère a un mode de formation et une structure dont rendrait mal compte la théorie axile, et qui, au contraire, s'expliqueraient facilement si l'on y admet l'existence de quatre feuilles carpellaires repliées en dedans pour former les cloisons qui viennent se réunir, dans l'axe de l'organe entier, à un prolongement du pédoncule.

Dans sa monographie anatomique et organogénique de la Clandestine (voyez p. 60), il exposa en détail et figura les différents états successifs en même temps que la structure de toutes les parties de la fleur.

Bientôt après, il recourut à l'étude du développement de la fleur dans les plantes de la famille des Primulacées et des familles voisines[3], surtout en vue de reconnaître la nature réelle de leur placenta central libre, et de voir si, comme l'avait écrit Aug. Saint-Hilaire, ce placenta se continuait avec le style par un prolonge-

[1] *Essai sur le développement, soit relatif, soit absolu, des organes floraux*, par M. P. Duchartre, in-8° de 46 pages et 2 planches. Toulouse, 1840.

[2] Observations sur la fleur et particulièrement sur l'ovaire de l'*Œnothera suaveolens*, par M. P. Duchartre. (*Annales des sciences naturelles*, 2ᵉ série, XVIII, 1842, p. 339-356, pl. 9.)

[3] Observations sur l'organogénie de la fleur, et en particulier de l'ovaire, chez les plantes à placenta central libre, par M. P. Duchartre. (*Ibid.* 3ᵉ série, II, 1844, p. 279-297, pl. 7-8.)

ment terminal destiné à servir de voie pour la fécondation. Il put constater ainsi que, dès sa première apparition, et jusqu'à son état de développement complet, ce support commun des ovules est entièrement libre dans la cavité ovarienne, et qu'on ne peut y voir autre chose que l'extrémité de l'axe qui vient se terminer là par la production des petits corps destinés à devenir les graines. Plus tard, il donna une sorte de complément à ces recherches par l'histoire organogénique de la fleur des Caryophyllées[1], à laquelle on assigne généralement un placenta central libre, tandis que ses observations démontrent que l'ovaire y est primitivement divisé par des cloisons complètes en deux, trois ou cinq loges que la rupture et la disparition de ces cloisons ne tarde pas à réunir en une seule cavité, au centre de laquelle persiste l'axe de tout ce système ou le support commun des ovules.

D'autres types floraux sont devenus encore les sujets de ses recherches; ce sont : 1° les Malvacées[2], dans lesquelles il y avait surtout à examiner la formation successive des nombreuses étamines monadelphes que comprend l'androcée, et le développement des divers plans d'organisation qu'offre le pistil avec ses carpelles tantôt nombreuses et distinctes, groupées de manières plus diverses en apparence qu'en réalité et toujours arrangées symétriquement, au moins dans les premiers temps, tantôt en nombre défini et cohérentes de manière à produire un ovaire unique auquel succède une capsule : entre autres faits remarquables de détail que ces observations ont fait reconnaître, on peut citer la division en deux que subissent les étamines à une époque où déjà elles sont assez avancées dans leur formation, et l'arrangement régulier en étoile à cinq rayons qu'affectent d'abord, chez les Malopées, tout aussi bien

[1] Observations sur l'organogénie florale des Caryophyllées, par M. P. Duchartre. (*Revue botanique*, II, 1846-1847. p. 213-225.)

[2] Observations sur l'organogénie de la fleur dans les plantes de la famille des Malvacées, par M. P. Duchartre. (*Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, IV, 1845, p. 123-150, pl. 6-8.)

que chez les Malvées, les nombreuses carpelles qui, dans la fleur adulte, semblent entassées sans ordre; 2° les Nyctaginées[1], dans lesquelles la fleur offrait comme sujets principaux d'examen le développement du périanthe unique curieusement épaissi et renforcé à sa base, et sa distinction de l'involucre, qui semble souvent tenir la place d'un calice; celui de l'androcée, formé d'étamines en nombres divers; enfin le pistil composé d'une carpelle uniovulée pour laquelle l'étude organogénique a montré que l'ovaire produit ses parois d'une manière singulière, s'accroissant à partir d'un seul côté et laissant longtemps, sur le côté opposé, une ouverture qui disparaît assez tard; 3° les Aristolochiacées[2], à fleurs gynandres et à ovaire infère pluriloculaire, s'écartant par conséquent au plus haut point de l'organisation florale habituelle, de manière à offrir un sujet d'études organogéniques intéressant à plusieurs points de vue. De ce dernier travail il n'a été publié qu'un simple résumé.

On doit quelques études intéressantes d'organogénie à M. Marius Barnéoud, qui, malheureusement, n'a pas marché longtemps dans cette voie. Il s'est particulièrement attaché à suivre le développement des corolles irrégulières, qu'il a examinées d'abord dans les Renonculacées et les Violariées[3], et dont il a étendu ensuite l'étude à plus de vingt autres familles[4]. Comme résultats généraux de ses recherches, il a distingué trois modes d'irrégularité révélés par l'organogénie : 1° l'irrégularité résultant de ce que les différents segments de la corolle se développent inégalement, et que,

[1] Observations sur l'organogénie florale et sur l'embryogénie des Nyctaginées, par M. P. Duchartre. (*Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, IX, 1848, p. 263-284, pl. 16-19.)

[2] Mémoire sur l'organogénie florale de l'Aristoloche Clématite, par M. P. Duchartre. (*Comptes rendus*, XXXVII, 1853, p. 538-540.)

[3] Mémoire sur le développement de l'ovule, de l'embryon et des corolles anomales, dans les Renonculacées et les Violariées, par M. Marius Barnéoud. (*Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, VI, 1846, p. 268-296, pl. 11-14.)

[4] Second mémoire sur l'organogénie des corolles irrégulières, par M. Marius Barnéoud. (*Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, VIII, 1847, p. 344-356, pl. 20.)

parmi eux, certains peuvent, en outre, ou cesser de bonne heure leur croissance, ou s'atrophier tout à fait, ou se confondre par soudure avec leurs voisins : c'est ainsi que la plupart des corolles s'irrégularisent; 2° l'irrégularité par déviation, due à ce que les segments de la corolle se déjettent tous d'un seul côté; c'est ce qui a lieu dans les fleurs des Goodéniacées et des Composées demi-flosculeuses; 3° l'irrégularité florale provenant de la présence de staminodes pétaloïdes, c'est-à-dire formés par la métamorphose pétaloïde d'un certain nombre d'étamines; elle existe surtout chez les Cannacées. Rappelons, en outre, que M. Barnéoud a fait, relativement à l'organogénie des ovaires, et en particulier des ovaires adhérents ou infères, des observations suivies, dont malheureusement il n'a publié qu'un résumé succinct[1], et que, dans ses recherches sur le *Trapa natans*, qui lui ont fourni la matière d'un mémoire cité plus haut (voyez p. 62), il ne s'est pas contenté d'étudier l'anatomie de cette plante, mais qu'il en a encore suivi tous les organes floraux pendant le cours de leur développement.

Postérieurement aux différents observateurs dont nous venons de rappeler les travaux, Payer s'est consacré tout entier à des recherches sur l'organogénie florale, qu'il a poursuivies, pendant plusieurs années, avec une remarquable persévérance. Il a étudié à ce point de vue la série presque complète des familles que comprend le règne végétal, et il en a tiré la matière de notes diverses qui, de 1851 jusqu'à la fin de 1854, époque à laquelle les suffrages de l'Académie des sciences de Paris l'ont appelé à remplacer Gaudichaud dans la section de botanique, ont trouvé place, au nombre de vingt et une, dans les *Comptes rendus* des séances de cette savante compagnie.

Il serait trop long et, dans tous les cas, peu utile de mentionner ici séparément ces nombreuses notes, qui sont tout autant de chapitres de l'ouvrage général que nous allons avoir à citer. En

[1] Observations sur l'organogénie de l'ovaire, et en particulier des ovaires adhérents, par M. M. Barnéoud. (*Comptes rendus*, XXV, 1847, p. 210-213.)

effet, les états variés par lesquels passent les organes dans le cours de leur évolution, les rapports mêmes de position et de grandeur que présentent successivement les verticilles de ces organes dont la réunion constitue la fleur, ne peuvent être exprimés par une description, quelque claire et complète qu'on la suppose, sans laisser dans l'esprit du vague et de l'incertitude. La lumière ne devient complète à ce sujet que lorsque des figures exécutées avec art retracent fidèlement aux yeux du lecteur la manière d'être des objets que des préparations toujours délicates et le microscope ont mises sous les yeux des observateurs. C'est ce que Payer avait très-bien senti; aussi, pour combler la lacune regrettable et nuisible que laissaient ses nombreuses notes publiées isolément, a-t-il cru devoir rassembler ces divers écrits et ceux dont ses études ultérieures lui avaient fourni les matériaux, en un ouvrage général qui est devenu ainsi un tableau de l'organogénie florale observée dans la généralité des Phanérogames, et qui constitue son titre le plus sérieux à l'estime des botanistes [1]. Cet ouvrage porte le titre de *Traité d'organogénie comparée de la fleur*. Il comprend deux parties distinctes et fort inégales d'étendue, dont l'une, spéciale et analytique, expose les détails des observations de l'auteur, tandis que l'autre, générale et synthétique, présente les conséquences qu'il croit pouvoir tirer de ses études d'organogénie. La première de ces parties forme le corps du livre, et se compose, en 704 pages, de cent cinquante-quatre articles séparés, dont chacun peut être regardé comme un petit mémoire relatif à un groupe naturel, et renferme, à la suite du texte courant, l'explication détaillée des nombreuses figures qui s'y rapportent. Sans doute on peut regretter la brièveté de ces articles, dont l'étendue moyenne est de trois pages de texte avec une page et demie d'explication des figures; mais, dans un travail de cet ordre, la vue des objets rend peu nécessaires de longs développements descriptifs, et cette vue est ici suppléée, dans les limites

[1] *Traité d'organogénie comparée de la fleur*, par J.-B. Payer, 1 vol. grand in-8° de VIII et 748 pages, avec atlas de 154 planches. Paris, 1857.

du possible, par un grand nombre de figures bien faites et gravées avec soin, qui représentent les états successifs par lesquels passent, dans le cours de leur développement, la fleur entière et ses diverses parties.

Quant à la seconde partie de l'ouvrage de Payer, elle porte le titre de *Conclusions générales*, et elle comprend, en 36 pages, ce que Payer s'est cru autorisé à conclure de ses observations particulières, relativement aux différents verticilles floraux considérés chacun isolément et dans son ensemble. Elle résume ainsi, en huit articles distincts, ce qui semble pouvoir se déduire des faits de détail, quant au développement du calicule, du calice, de la corolle, de l'androcée, du réceptacle, du pistil soit à ovaire supère, soit à ovaire infère, du style avec son stigmate, enfin des ovules. Mais ici encore le titre de Conclusions générales indique une apparence de généralisation qui ne répond pas tout à fait à la réalité, et qui ferait croire, à tort, à l'établissement de lois générales dominant tous les faits particuliers d'accroissement. En effet, ces lois, s'il est permis de croire qu'elles existent en réalité, ne sont pas encore suffisamment établies; et les énoncés généraux qui ont été proposés comme tels sont à peu près tous infirmés par de nombreuses exceptions, ou bien ont donné lieu à des discussions dans lesquelles le pour et le contre ont été successivement soutenus, appuyés même sur des observations. Pour en citer un exemple, la plus importante de ces lois serait certainement celle qui nous apprendrait si, dans les verticilles que la fleur avancée dans son développement nous montre formés de plusieurs parties soudées en un tout continu, ces parties sont nées distinctes et séparées pour se souder un peu plus tard, ou si, au contraire, leur portion basilaire confluente a été représentée la première, de telle sorte que la soudure ait été congénitale. Ces deux manières de voir ont été soutenues concurremment, la première par M. Schleiden, la dernière par MM. Duchartre et Barnéoud. Payer s'est exprimé à ce sujet en termes différents, mais dont le sens réel revient à l'opinion

de M. Schleiden, interprétée selon ce qui nous semble être la signification véritable des expressions de cet auteur. Au total, sous le titre de conclusions générales, Payer énumère seulement les faits de développement des organes floraux considérés d'une manière moins spéciale, moins localisée, s'il était possible de s'exprimer ainsi, que dans les articles de son ouvrage qui se rapportent à chaque famille considérée en particulier; néanmoins cet exposé est encore, et il ne pouvait guère en être autrement, le relevé de cas divers qui sont particuliers parfois à une seule famille, souvent aussi à ces grands groupes réunis par des caractères communs, dont les limites sont plus ou moins nettement tracées, et qui constituent ce que Lindley nommait des *alliances*, que la plupart des botanistes de nos jours appellent des *classes*. On sent dès lors que rien de vraiment général ne se dégage de cet exposé de manière à pouvoir être formulé succinctement et à devoir ainsi trouver place dans ce Rapport; nous ne saurions donc trop engager le lecteur à prendre connaissance de cet utile résumé des observations organogéniques de Payer dans le livre même qui le renferme.

Bien que le Traité d'organogénie de Payer ait contribué puissamment aux progrès de la science relativement à la connaissance de l'évolution des organes floraux, il n'a certainement pas épuisé la matière. Dans les familles vraiment monotypes, l'étude attentive d'un petit nombre d'espèces permet, en général, de se représenter avec une exactitude suffisante la marche du développement dans l'ensemble du groupe; mais les familles par enchaînement, comme on les appelle, c'est-à-dire celles où les modifications d'un type fondamental s'enchaînent en série linéaire de manière à offrir une analogie d'autant moins accusée que l'on compare entre eux des termes plus éloignés l'un de l'autre dans cette série, la connaissance du groupe entier ne peut découler que de la réunion d'exemples assez nombreux. Le cadre restreint dans lequel sont circonscrits en général les articles relatifs à ces dernières familles dans l'ouvrage de Payer n'a pas permis d'y multiplier assez les exemples pour en

rendre inutile toute étude ultérieure; aussi un certain nombre de mémoires publiés à des dates plus récentes ont-ils eu pour objet d'élucider l'histoire organogénique de diverses plantes ou groupes qu'il avait examinés incomplétement ou qu'il avait même laissés tout à fait de côté.

C'est particulièrement à M. Baillon que la science a dû, pendant ces dernières années, de nombreux travaux de cet ordre, qui, pour la plupart, forment de simples notes peu développées, mais dont quelques-uns ont les proportions de véritables mémoires. Formé à l'école de Payer, ce botaniste a tenu à suivre la voie que son maître avait choisie, et il a ainsi porté son attention successivement sur diverses plantes et sur quelques familles dont plusieurs n'avaient pas été encore l'objet de semblables études. Les groupes naturels dont il s'est occupé à ce point de vue sont : parmi les végétaux dicotylédones, les Polygalées, les Caprifoliacées, pour l'examen desquelles l'organogénie occupe une place très-secondaire dans son mémoire, les Byttnériacées, les Cordiacées; parmi les Monocotylédones, les Philésiacées, les Roxburghiées, les Marantées. D'un autre côté, les genres et espèces dont il a suivi la fleur pendant son développement sont : les *Callitriche*, *Acronychia*, *Pleurandra*, *Martynia*, le Sésame [1]. Nous

[1] Recherches sur l'organogénie du *Callitriche* et sur ses rapports naturels, par M. Baillon. (*Bulletin de la Société botanique de France*, V, 1858, p. 337-341.) — Études sur la structure et le développement de la fleur des Philésiacées, par le même. (*Adansonia*, I, 1860-1861, p. 44-49.) — Observations organogéniques pour servir à l'histoire des Polygalées, par le même. (*Ibid.* I, 1860-1861, p. 174-180.)— Organogénie florale des Roxburghiées, par le même. (*Ibid.* I, 1860-1861, p. 245-250.) — Mémoire sur la symétrie et l'organogénie florale des Marantées, par le même. — (*Ibid.* I, 1860-1861, p. 306-327, pl. 11; *Comptes rendus*, LII, 1861, p. 381-383.) — Recherches sur l'organisation, le développement et l'anatomie des Caprifoliacées, par le même. (*Adansonia*, I, 1860-1861, p. 353-380, pl. 13.) — Organogénie florale du Sésame, par le même. (*Ibid.* II, 1861-1862, p. 1-4.)— Études organogéniques sur quelques genres de Byttnériacées, par le même. (*Ibid.* II, 1861-1862, p. 166-181.)—Organogénie florale des *Acronychia*, par le même. (*Ibid.* II, 1861-1862, p. 253-257.)—Organogénie florale des Cordiacées, par le même. (*Ibid.* III, 1862-1863, p. 1-7, pl. 1.) —

ne pouvons songer à entrer ici dans le détail de ces différents travaux. Mentionnons seulement, d'une manière plus spéciale, celui dans lequel il a cherché à déterminer, par l'histoire du développement de la couronne chez certaines Amaryllidées, la vraie nature de cet appendice floral au sujet duquel ont été proposées des hypothèses fort diverses [1]. La conclusion générale qu'il lui semble logique de tirer de ses observations, c'est que la couronne, malgré les rapports qu'elle présentera plus tard avec l'androcée, s'en montre tout à fait indépendante au moment de son apparition, et qu'elle se rattache, au contraire, à cette sorte d'organes floraux qu'on a désignés sous le nom de *disques*, et qui sont caractérisés, selon cet observateur, par leur apparition tardive ainsi que par leur nature réellement axile.

Deux autres travaux de M. Baillon, sur lesquels nous croyons devoir nous arrêter un instant, sont ceux dans lesquels il s'est efforcé [2] de trouver dans l'étude organogénique des arguments en faveur de l'opinion qu'avait professée antérieurement Mirbel, d'abord seul, ensuite en collaboration avec M. Spach, relativement à la composition de la fleur femelle des Conifères. On sait, en effet, que, depuis la belle dissertation sur ce sujet que Rob. Brown avait comprise dans son mémoire sur le *Kingia*, les botanistes modernes, presque sans exception, attribuent aux Conifères et aux Cycadées des ovules nus ou non enfermés, comme chez les autres Phanérogames, dans un ovaire clos, et que, d'après ce caractère d'importance majeure, ils ont formé, pour ces deux groupes na-

Organogénie florale des *Pleurandra*, par le même. (*Adansonia*, III, 1862-1863, p. 129-132.) — Organogénie florale des *Martynia*, par le même. (*Ibid.* III, 1862-1863, p. 341-348, pl. 11.)

[1] Mémoire sur le développement des fleurs à couronne, par M. Baillon. (*Adansonia*, I, 1860-1861, p. 90-103.)

[2] Recherches organogéniques sur la fleur femelle des Conifères, par M. Baillon. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, L, 1860, p. 508-510; *Adansonia*, I, 1860-1861, p. 1-16, pl. 1-2; *Annales des sciences naturelles*, 4e série, XIV, p. 186-199, pl. 12-13.) — Nouvelles recherches sur la fleur femelle des Conifères, par le même. (*Adansonia*, V, 1864-1865, p. 1-17, pl. 1.)

turels, la division des Gymnospermes ou Dicotylédones à graines nues, tandis que, par opposition, ils ont appliqué à tous les autres Dicotylédones la qualification d'Angiospermes, basée sur ce que les ovules de ceux-ci sont contenus dans un ovaire, par conséquent, ensuite, leurs graines dans un péricarpe. Antérieurement à la publication de cette opinion de Rob. Brown, et surtout, à une époque plus récente, dans un travail publié par lui, en commun avec M. Spach, sur l'embryogénie des Conifères (voyez p. 295), Mirbel avait cru pouvoir décrire la fleur de ces végétaux comme présentant une nucelle conique, contenue dans un ovaire béant. Cette dernière interprétation des parties qui constituent la fleur femelle des Conifères paraît à M. Baillon être justifiée par les observations organogéniques, et il n'hésite pas à dire que, dans tous ces végétaux qualifiés à tort de Gymnospermes, les fleurs femelles sont toutes construites sur un seul type; qu'elles sont tantôt terminales, tantôt situées à l'aisselle d'une bractée ou d'une feuille, mais toujours portées par un axe et jamais par une bractée, enfin qu'elles possèdent un ovaire dicarpellé, non entouré d'enveloppes florales, et contenant un ovule orthotrope, qui est dressé sur un placenta basilaire.

Ajoutons toutefois que, malgré leur netteté, ces énoncés ont été formellement contredits, en Allemagne, par M. Caspary, le savant professeur de Kœnigsberg, et que, dans son magnifique mémoire récent sur le *Welwitschia*, M. J.-D. Hooker a cru pouvoir tirer en core de ses observations des arguments en faveur de la théorie de Rob. Brown; que, dès lors, il semble prudent de ne pas considérer la question comme définitivement résolue, jusqu'à ce jour, dans le sens de l'opinion de Mirbel.

Pour terminer cette énumération des écrits de M. Baillon sur l'organogénie, nous mentionnerons un mémoire dans lequel il a exposé la formation non plus de la fleur, mais de l'inflorescence et du fruit des *Morus*, *Broussonetia* et *Dorstenia*[1]. Rectifiant à cet égard des idées

[1] Recherches sur le développement du fruit des Morées, par M. Baillon. (*Comptes rendus*, LII, 1861, p. 19-22; *Adansonia*, I, 1860-1861, p. 214-231, pl. 8.)

qui étaient presque généralement professées, il a montré que l'inflorescence de ces végétaux est pour tous également composée et centrifuge, et qu'elle résulte de la réunion de plusieurs cymes sur un axe commun. Dans le Mûrier noir en particulier, dont il avait été donné des descriptions assez diverses, ces cymes se produisent alternativement à droite et à gauche d'un support commun aplati, dont elles occupent d'abord uniquement les deux angles pour le recouvrir finalement tout entier en s'étendant peu à peu sur ses deux faces. Quant au fruit de cet arbre, il offre, dans son péricarpe, un petit noyau recouvert d'une couche gorgée de sucs, et il forme ainsi une drupe qu'embrassent les sépales devenus eux-mêmes succulents, tout en restant séparés tant du fruit que des sépales voisins. Le fruit du *Broussonetia* est également une drupe, mais remarquable en ce que ses deux faces seules restent minces, et cèdent facilement à un effort qui pousse le noyau vers l'extérieur, de manière à le laisser ainsi se faire jour au dehors. Enfin les fleurs des *Dorstenia*, sur le large réceptacle en coupe qui en porte l'ensemble, se produisent en commençant par le centre de celui-ci et apparaissent ensuite graduellement de plus en plus vers les bords, comme l'avaient bien vu auparavant M. Trécul et M. Brongniart.

L'une des questions les plus débattues par les botanistes modernes est, comme on l'a déjà vu, celle des ovaires infères considérés quant à leur constitution réelle et à leur origine. M. Decaisne, au milieu de ses longues et profondes études des Poiriers et de leurs presque innombrables variétés, était incessamment amené à l'examen de cette question, pour la solution de laquelle ces arbres fruitiers devaient lui offrir de précieux éléments. Quoique peu porté vers les observations organogéniques, il a bientôt reconnu qu'elles pouvaient jeter beaucoup de jour sur ce sujet, et, dès la fin de l'année 1855, il a commencé à suivre le développement progressif de l'ovaire infère de ces Pomacées[1]. Ses études lui ont

[1] Note sur l'organogénie florale du Poirier, précédée de quelques considérations sur la valeur de certains caractères spécifiques, par M. J. Decaisne. (*Bulletin*

semblé fournir la preuve de l'exactitude des idées qui avaient régné le plus longtemps dans la science, et qui n'avaient été contredites que récemment; ces idées consistent à considérer l'ovaire des Poiriers comme formé de carpelles enfermées dans une cavité réceptaculaire, à laquelle les souderait une lame d'un tissu particulier, formé tardivement et constituant un disque. Ainsi, d'après lui, c'est le pédoncule lui-même qui forme le tissu charnu et comestible du fruit, tandis que ce sont les carpelles, adhérentes par leur surface externe à ce tissu charnu extérieur, qui deviennent la partie centrale de la poire, dans laquelle on voit les loges occupées par les pepins. Il conclut de là que la structure de l'ovaire, dans le Poirier, ne diffère en rien de celle des ovaires des autres végétaux. Il croit même pouvoir étendre cette conclusion à l'ovaire des Primulacées et des familles voisines, dans lequel le placenta central libre semble ne pouvoir pas être autre chose qu'un prolongement de l'axe; il essaye néanmoins de faire admettre que ce placenta n'est pas de nature axile et doit être regardé comme une simple dépendance des carpelles; mais il est permis de ne pas le suivre dans cette déduction un peu forcée de faits très-bien observés du reste.

Les travaux dont il vient d'être question ont fait tellement sentir de quelle importance sont les études sur le développement des organes floraux pour la connaissance complète de la fleur, de sa constitution réelle, de sa symétrie, que, du moins en France, la plupart des monographies qui ont été publiées récemment ont fait une part importante aux recherches organogéniques, relativement aux plantes dont elles traitent. C'est ce qui a eu lieu, notamment, pour la monographie des Bignoniacées, par M. Bureau (voyez p. 7); pour celle des Verbénacées, par M. Bocquillon (voyez p. 8); enfin pour un mémoire dans lequel M. Léon Marchand a étudié le Caféier (*Coffea arabica* L.) à différents points de vue[1]. Dans ces

*de la Société botanique de France*, IV, 1857, p. 338-342.)

[1] Recherches organographiques et organogéniques sur le *Coffea arabica*, par M. L. Marchand. (*Adansonia*, V, 1864-1865, p. 17-61, pl. 1 *bis*, 2-4.)

différents travaux, la description détaillée des états successifs par lesquels passent les organes floraux, à partir de leur naissance. pour arriver à leur développement complet, est accompagnée de nombreuses figures qui en sont la représentation fidèle; c'est là une marche éminemment profitable pour la science, et qu'il serait bon de voir suivre désormais par tous les auteurs d'ouvrages du même ordre.

# CHAPITRE V.

## TÉRATOLOGIE.

Les organes des plantes, dont l'étude forme l'objet spécial de l'organographie, subissent parfois des influences accidentelles, les unes extérieures, les autres intérieures, qui agissent puissamment sur eux, et qui peuvent même en altérer à un haut degré la manière d'être habituelle et caractéristique. Quelles sont ces influences? La détermination en est toujours fort difficile, et le plus souvent même elle échappe à toutes nos investigations. Dans quelques cas, il est permis de présumer qu'elles consistent en un défaut d'espace et en une gêne produite par le voisinage trop immédiat d'autres organes qui entravent la croissance ou qui empêchent certaines parties d'acquérir leur forme et leur grandeur normales; mais presque toujours on ne peut faire intervenir une action de ce genre, et alors on se borne forcément à constater des effets sans pouvoir soupçonner même les causes qui les ont produits. Dans ces différentes circonstances, les organes s'offrent à nous avec des formes, des dispositions anormales, ou, pour employer le langage usuel, ils se présentent dans un état monstrueux, c'est-à-dire qu'ils sont atteints de monstruosité.

L'étude des monstruosités végétales ou la *Tératologie*, comme on l'a nommée en empruntant ce mot au règne animal, a occupé depuis assez longtemps les botanistes, mais toujours incidemment, et, jusqu'à une époque récente, sans devenir pour aucun d'eux l'objet de recherches assidues ou de méditations profondes. Chaque fois qu'un fait de ce genre frappait leurs regards, ils l'observaient avec plus ou moins d'attention, le décrivaient avec plus ou moins de détails, mais sans aller en général plus loin, et en le donnant

pour l'ordinaire comme une singularité végétale faite pour piquer la curiosité, ou même comme un jeu de la nature à peine digne d'occuper des hommes sérieux. Il est résulté de là une masse considérable d'observations éparses, isolées dans un grand nombre d'ouvrages, surtout de recueils périodiques, qu'on voit se multiplier encore tous les jours, mais qu'on ne pouvait guère considérer autrement que comme les pierres isolées avec lesquelles il serait possible un jour de construire l'édifice réclamé par la science.

Dans le cours de ce siècle, imbus d'un esprit philosophique qui semble avoir manqué souvent à leurs devanciers, les botanistes se sont efforcés de tirer un parti plus avantageux de la connaissance des monstruosités. Tantôt ils ont ingénieusement appliqué à des points obscurs de l'organisation végétale les notions qui découlaient des états monstrueux des organes, de manière à en expliquer la manière d'être habituelle par les déductions tirées de leurs anomalies; tantôt l'apparition accidentelle de parties, là où elles manquent habituellement, leur a permis de découvrir une symétrie dissimulée par des avortements ou des atrophies. Si cette étude, non plus uniquement descriptive, mais à la fois descriptive et philosophique, des monstruosités a souvent éclairé la science de lueurs inespérées, elle a conduit aussi parfois à des interprétations évidemment forcées, et trop souvent on en est venu à lui demander des arguments en faveur de systèmes préconçus, à en tirer même des déductions contradictoires. Cette exagération fâcheuse, mais contre laquelle il était difficile de se tenir en garde, a produit une exagération en sens inverse, et aujourd'hui, après avoir accordé à l'interprétation des faits tératologiques une confiance presque illimitée, beaucoup de botanistes en sont venus à exprimer contre ces mêmes faits une défiance tout aussi absolue, et certains d'entre eux sont allés jusqu'à dire que toute idée systématique, toute théorie hasardée, peuvent trouver un appui apparent dans des monstruosités habilement interprétées. On peut donc dire que la science n'est pas encore faite à cet égard, et que le moment n'est pas venu

où les tératologistes cesseront d'écrire de simples répertoires ou des notes isolées, pour publier de vrais traités réglés par une logique rigoureuse, en même temps qu'éclairés par une saine philosophie.

Toutefois un progrès important a été accompli dans ces derniers temps, lorsque des botanistes aussi ingénieux qu'érudits ont essayé non-seulement de rassembler dans un même volume la description ou tout au moins l'indication des faits tératologiques publiés isolément avant eux, en y ajoutant ceux qu'ils avaient pu observer eux-mêmes par suite de recherches persévérantes et spéciales, mais encore d'établir entre tous ces détails, disparates au premier aperçu, des rapports, un lien, un ordre qui permissent de les rattacher en corps de doctrine. En Allemagne, G.-F. Jäger a donné à cet égard (*Ueber die Missbildungen der Gewächse;* Stuttgart, 1814; in-12 de XII et 320 pages, avec 2 planches) un heureux exemple qui a été suivi en France par Moquin-Tandon, après un intervalle de vingt-sept années. L'ouvrage de ce dernier botaniste [1], par la date de sa publication, appartient au commencement de la période qu'embrasse notre Rapport, et, par le soin avec lequel il a été écrit, par le nombre considérable de faits dont il présente l'énumération ainsi que le classement méthodique, par la finesse des aperçus qu'on y trouve, comme par l'esprit philosophique qui l'anime, il mérite une mention spéciale. Il a été traduit en allemand par Schauer, qui l'a enrichi de diverses additions. Il a été certainement le titre principal de son auteur à l'estime du monde savant.

Les monstruosités sont classées par ce savant avec une méthode exacte : il les rattache toutes à quatre classes, selon qu'elles portent sur le volume, sur la forme, sur la disposition ou sur le nombre des parties. Des particularités secondaires, telles que di-

[1] *Éléments de tératologie végétale*, par A. Moquin-Tandon, Paris, 1841, in-8° de XII et 403 pages.

minution ou augmentation, altérations ou changements dans les caractères extérieurs, connexion et situation, lui permettent de former ensuite dix ordres dans ces quatre classes de faits tératologiques (atrophies, hypertrophies, déformations, pélories, métamorphoses, soudures, disjonctions, déplacements, avortements, multiplications). Tels sont les divers compartiments du cadre dans lequel il fait entrer avec méthode toutes les altérations, signalées avant lui ou observées par lui, que peuvent subir les plantes dans leur manière d'être habituelle et normale. En somme, si l'on ne peut dire que les *Éléments de tératologie végétale* de Moquin-Tandon soient l'expression d'une science arrivée à son apogée, on doit les proclamer le guide le plus méthodique et le plus philosophique auquel on puisse recourir au milieu de la multiplicité des faits qu'embrasse cette partie de la botanique; ainsi s'explique et se justifie l'accueil favorable qui a été fait à ce livre par tous ceux qui se livrent à l'étude du règne végétal.

Depuis la publication de cet important ouvrage, la science ne s'est guère enrichie que de travaux spéciaux, notes ou mémoires, consacrés à la description de faits particuliers, le plus souvent isolés, quelquefois réunis en nombre plus ou moins considérable, mais non rattachés les uns aux autres par un lien direct. On ne peut guère citer, en effet, comme ayant un caractère de généralité qu'un mémoire de M. Kirschleger qui a pour objet essentiel d'exposer les accroissements successifs et les perfectionnements graduels qui ont amené la tératologie à son état actuel[1]. Cependant nous mentionnerons à part un mémoire de M. Ad. Brongniart[2], parce qu'il a pour objet essentiel de conduire à la solution d'une question très-

[1] Essai historique de tératologie végétale, par M. F. Kirschleger; thèse pour le doctorat en médecine; Strasbourg, 1845, in-4° de 71 pages.

[2] Examen de quelques cas de monstruosités végétales propres à éclairer la structure du pistil et l'origine des ovules, par M. Ad. Brongniart. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, II, 1844, p. 20-32; *Archives du Muséum*, IV, 1844, p. 43-63; *Comptes rendus*, XVIII, 1844, p. 513-523.)

débattue par les organographes à l'aide d'arguments fournis par de curieuses monstruosités dont les principales ont été observées sur le *Delphinium elatum* et sur le Navet. On sait, en effet, que la nature et l'origine des ovules ont été considérées de deux manières très-différentes : les uns ont regardé cette importante formation, qui est destinée à devenir la graine, comme une simple production ou plutôt comme une modification des bords mêmes de certaines feuilles qui subissent un changement toujours profond dans leur état habituel pour devenir les parties constitutives du pistil, c'est-à-dire les feuilles carpellaires; les autres, à l'exemple de M. Schleiden, voyant dans chaque ovule un bourgeon et posant en principe qu'un bourgeon ne peut naître que de l'axe, ont avancé que, dans l'ovaire, l'axe floral se prolonge, soit en restant indivis, soit en se subdivisant, dans toute la portion ovulifère des placentas, de manière à y former ce qu'on nomme *les cordons pistillaires*, et pour y donner naissance aux ovules. M. Brongniart se prononce nettement en faveur de la première de ces opinions, et son mémoire a pour objet de montrer que, dans les cas tératologiques observés et décrits par lui, les carpelles revenues plus ou moins complétement à l'état de feuilles montraient toutes les transitions possibles entre des ovules bien caractérisés et de simples lobes marginaux. Comme il est difficile d'admettre que les faits qui se sont offerts à ses observations ne soient pas la conséquence d'une loi générale, il en conclut que généralement l'ovule est une dépendance et le résultat d'une modification des bords de la feuille carpellaire; qu'il est dès lors impossible de considérer le placenta comme une dépendance soit de l'axe principal, soit des axes secondaires, non-seulement d'après ce premier motif, mais encore parce qu'on les trouve, dans les cas décrits, développés sous la forme de petits rameaux, et existant en même temps que les placentas. Toutefois, si la production des ovules est due aux feuilles carpellaires dans les ovaires dont les placentas sont axiles ou pariétaux, elle ne peut être rapportée, pense-t-il, qu'à l'axe même lorsqu'il existe un placenta central libre, par consé-

quent chez les Primulacées, les Myrsinées, les Théophrastées, et probablement aussi chez les Santalacées. Cette démonstration de la nature axile du placenta central libre est basée par M. Brongniart sur des faits tératologiques et sur de puissantes inductions; nous avons déjà montré (voy. p. 380) qu'on a pu l'appuyer également sur l'organogénie.

Nous ne pouvons songer à analyser dans ce Rapport les autres écrits, en grand nombre, dans lesquels des botanistes français de notre époque ont signalé des monstruosités plus ou moins intéressantes, et en ont présenté la description circonstanciée. Presque tous les recueils scientifiques ont reçu communication de travaux de ce genre aussi divers d'objet que d'étendue et d'intérêt. Pour presque toutes ces notes, du moins pour celles qui sont arrivées à notre connaissance, la citation du titre[1] sera une indication suffi-

[1] Note sur des fleurs monstrueuses d'une espèce d'Érable, par A. DE JUSSIEU. (*Annales des sciences naturelles*, 2e série, XV, 1841, p. 365-368, pl. 22.) — Note sur une monstruosité de *Delphinium Ajacis*, par M. CAM. DARESTE. (*Ibid.* 2e série, XVIII, 1842, p. 218-220.) — Note sur une fleur monstrueuse de *Petunia violacea*, par M. CH. MARTINS. (*Ibid.* 3e série, II, 1844, p. 362-365.) — Note sur deux faits de tératologie végétale, par M. P. DUCHARTRE. (*Ibid.* 3e série, I, 1844, p. 292-297.) — Note sur une monstruosité de *Narcissus* (*Corbularia*) *tubæformis* Durieu, par le même. (*Revue botanique*, II, 1846-1847, p. 543-547.) — Note sur des feuilles ramifères de Tomates, par le même. (*Annales des sciences naturelles*, 3e série, XIX, 1853, p. 241-251, pl. 14.) — Note sur quelques monstruosités de *Tulipa Gesneriana*, par le même. (*Ibid.* 4e série, VII, 1857, p. 45-55, pl. 2-3.) — Note sur quelques cas de monstruosité et spécialement sur la Rose verte, par M. ARTHUR GRIS. (*Annales des sciences naturelles*, 4e série, IX, 1858, p. 76-83, pl. 1-2.) — Note sur quelques cas remarquables de pélorie dans le genre *Zingiber*, par le même. (*Ibid.* 4e série, XI, 1859, p. 265-268, pl. 3.) — Sur quelques cas de transformation des étamines en carpelles, par M. AD. BRONGNIART. (*Bulletin de la Société botanique de France*, VIII, 1861, p. 453-456.) — Fascicule d'observations de tératologie végétale, par M. D. CLOS. (*Mémoires de l'Académie impériale des sciences de Toulouse*, 5e série, III, p. 99-113.) — Deuxième fascicule d'observotions térotologiques, par le même. (*Ibid.* 5e série, VI, p. 51-70.) — Troisième fascicule d'observations tératologiques, par le même. (*Ibid.* 5e série, VI, 23 pages.) — Note sur deux cas de tératologie végétale, par M. MORIÈRE. (*Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie*, VI, 1861, 6 pages et 1 plan-

sante du fait que chacune d'elles a fait connaître. Néanmoins, bien qu'il nous semble impossible d'entrer ici à cet égard dans un examen détaillé pour lequel la longueur et l'incohérence seraient des défauts inévitables, nous n'en applaudissons pas moins à la publication de ces écrits, qui nous semblent avoir pour la botanique une importance incontestable. La tératologie est une branche de la science dont aujourd'hui encore il est impossible de prévoir l'avenir et de présumer les limites. Ce n'est donc pas trop des efforts de tous pour en explorer et fertiliser le vaste domaine. A une date qui commence à être éloignée de nous, vu la rapidité des progrès effectués dans ces derniers temps, Moquin-Tandon a pu trouver dans les documents épars qui avaient été publiés avant lui, et auxquels se joignaient les résultats de ses propres études, les matériaux d'un ouvrage excellent, qui a marqué une date mémorable pour cette branche alors à peu près naissante de la science des plantes; en multipliant, comme on l'a fait depuis cette époque et comme on ne manquera certainement pas de le faire désormais, les recherches

che.) — Note sur un cas de chorise dans le *Galanthus nivalis* et de floriparité dans le *Cardamine pratensis*, par le même; brochure in-8° de 6 pages, Caen, 1861. — Transformation des étamines en carpelles dans plusieurs espèces de Pavots, par le même. (*Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie*, XII, 1862, 15 pages, 2 planches.) — Note sur plusieurs cas tératologiques offerts par le Colza (*Brassica campestris* DC.); structure du pistil dans les Crucifères, par le même. (*Ibid.* 1864, 14 poges, 2 planches.) — Note sur une Fraxinelle monstruense, par le même. (*Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie*, VIII, 1865, 8 pages, 1 planche.) — Monstruosités végétales, premier fascicule, par M. Léon Marchand. (*Adansonia*, IV, 1863-1864, p. 150-175, pl. 7.) — Note sur des fleurs monstrueuses d'*Epimedium*, par le même. (*Adansonia*, p. 127-132.) — Sur un *Mimulus* à fleurs monstrueuses, par M. Mussat. (*Ibid.* IV, 1863-1864, p. 75-79, pl. 2.) — Description d'une Primulacée à fleurs monstrueuses, par M. Baillon. (*Ibid.* III, 1862-1863, p. 310-312, pl. 312.) — Cas tératologique observé sur le *Valerianella carinata*, par M. Le Jolis. (*Mémoires de la Société impériale des sciences naturelles de Cherbourg*, I, p. 188-189.) — Disjonction des éléments pétaloïdes du *Digitalis purpurea*, par le même. (*Ibid.* I, p. 349-350.) — Note sur des fleurs anomales de *Cytisus Adami*, par le même. (*Ibid.* VI, p. 157-160.) — Note sur des fleurs anomales de *Phorminm tenax*, par le même. (*Ibid.* VI, p. 333-336.) Etc.

et les observations, les botanistes avanceront le moment où, riche de faits exactement décrits et philosophiquement interprétés, rattachés d'ailleurs les uns aux autres par les liens de l'induction et de l'analogie, la tératologie atteindra son plus complet développement, et non-seulement pourra suffire seule à des études spéciales, mais encore prêtera un puissant secours à l'organographie pour l'élucidation de ses points les plus délicats. On ne saurait donc trop encourager les travaux des botanistes qui, poussés par un goût particulier ou animés du désir de concourir au perfectionnement d'une branche intéressante de la science, consacrent utilement leur temps à l'examen attentif et à l'interprétation philosophique des monstruosités.

Arrivé au terme de ce Rapport, si nous essayons d'exprimer en quelques mots les progrès que les savants français ont fait faire à la botanique physiologique, dans le cours des vingt-cinq dernières années, nous ne craindrons pas de dire qu'ils ont contribué pour une forte part à l'immense accroissement qu'a pris cette branche fondamentale de la science. L'étude des organes a été faite par plusieurs d'entre eux avec autant de persévérance que de succès; celle de l'anatomie végétale a été poursuivie jusque dans ses détails les plus intimes et les plus délicats par d'autres, qui ont su marquer ainsi leur place au premier rang; la physiologie, cultivée avec une prédilection particulière, non-seulement par des botanistes distingués, mais encore par des chimistes du plus haut mérite, a pris une extension et surtout une précision presque inespérées; l'organogénie a été créée, puis amenée en peu d'années à un remarquable développement; enfin la tératologie a dû à l'un de nos savants le meilleur et presque le seul ouvrage qui l'embrasse dans son ensemble. Au siècle dernier, grâce aux immortels travaux de Tournefort, de Vaillant, de Duhamel, d'Adanson, de Bernard et Antoine Laurent de Jussieu, la botanique française avait acquis en Europe une supériorité que nul ne songeait à lui contester; dans le cours

du siècle présent, et plus particulièrement peut-être dans l'espace des vingt-cinq dernières années, elle a su se maintenir encore à un niveau des plus élevés et rester l'un des brillants fleurons de notre couronne scientifique : c'est ce dont l'exposé qu'on vient de lire présente, nous osons le penser, une complète démonstration.

FIN.

# TABLE DES AUTEURS

## DE TRAVAUX SUR LA BOTANIQUE PHYSIOLOGIQUE

QUI ONT ÉTÉ ANALYSÉS OU CITÉS DANS CE RAPPORT

COMME PUBLIÉS EN FRANCE DANS LA PÉRIODE QU'IL EMBRASSE.

---

### A



### B



### C

D



E



F



G

## H



## J



## K



## L



## M



## N

P



R



S



T



V



W





# TABLE DES MATIÈRES.



